4/5

Robotica

Inhoud

4/5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

(verschenen in de 108e aanvulling)

4/5.1.1

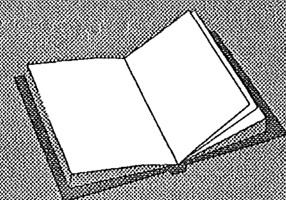
Inleiding

Een uniek project
Alle bouwbeschrijvingen die tot nu toe in "Hobby Elektronica" en in de opvolger "Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek" zijn beschreven, vereisen alleen wat handigheid met de soldeerbout en de kniptang. Dít project eist heel wat meer handigheid en ervaring van de potentiële nabouwer! Natuurlijk staat het knutselen met elektronica voorop. Maar aan de basis staat een knap stukje fijnmechanica. Zonder dit loopwerk is de elektronica nutteloos. Er zijn diverse bouwpakketten van robots in de handel. Tóch hebben wij de voorkeur gegeven aan een compleet zelfbouwproject. Dat betekent dat u aan de slag moet met miniatuur motoren, tandwieltjes, boutjes, palletjes en wieltjes. Laat u zich daardoor echter niet afschrikken! Zoals uit hoofdstuk 4/5.1.2 blijkt, is iedere handige knutselaar in staat zélf een soepel bewegende robot te maken.

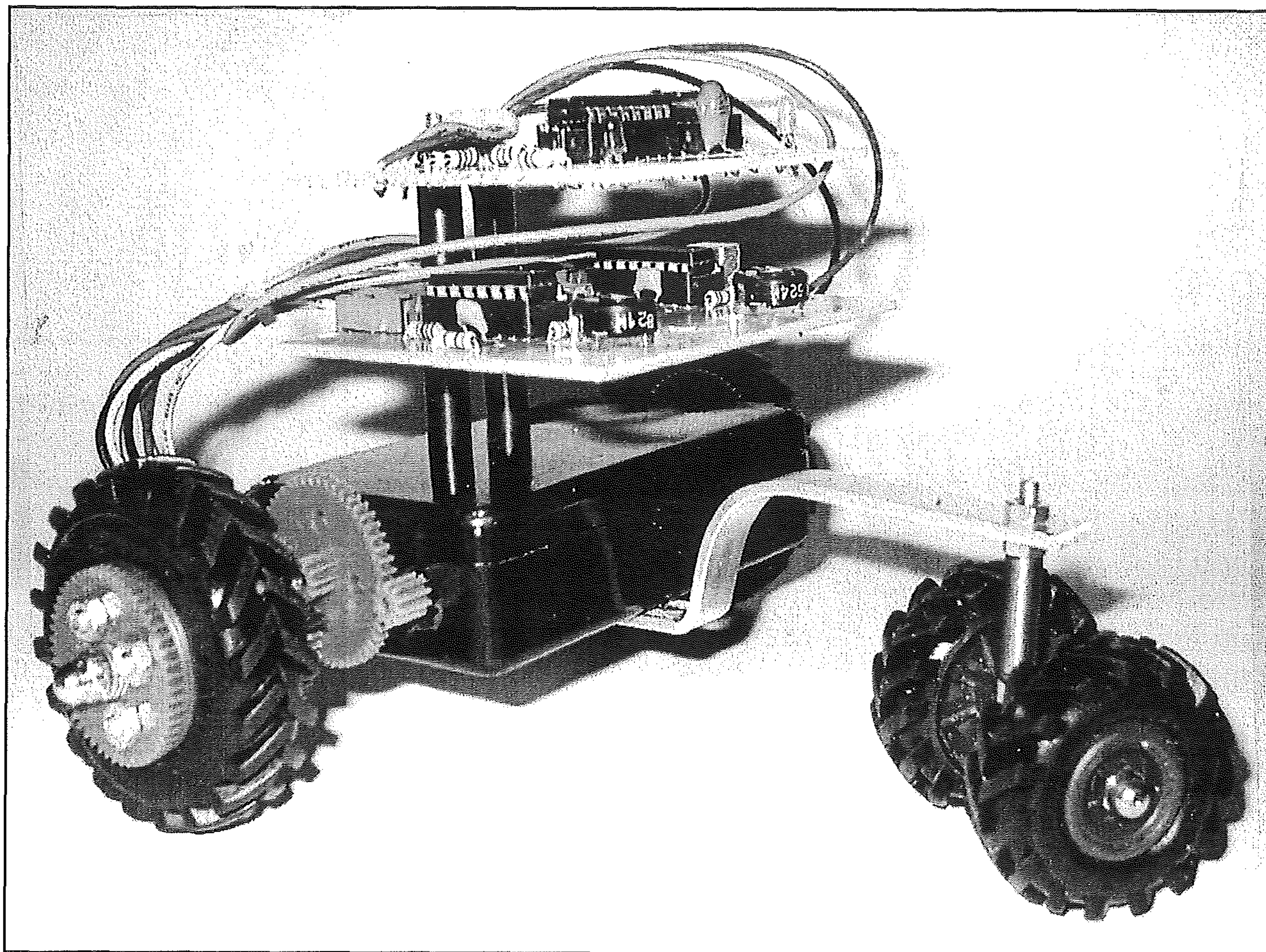
Hoe werkt de robot
Het prototype heeft twee motoren, die individueel de twee voorwielen aandrijven. Groot voordeel van dit systeem is dat er géén ingewikkelde mechanische constructie nodig is voor het besturen van de robot. De motoren zijn rechtstreeks, al dan niet via een vertragingskastje, gekoppeld aan de motoren. De robot werkt dus als een tank: draaien de beide motoren in dezelfde richting, dan rijdt de robot vooruit. Poolt men beide motoren om, dan zal de robot achteruit rijden. Wordt slechts één motor gestuurd, dan zal de robot een zeer scherpe bocht maken rond het wiel dat niet wordt aangedreven.
Dit lijkt misschien een beetje primitief, en in feite is het dat ook, maar toch heeft een op een dergelijke manier bewegende robot zijn charmes. Bovendien is het de bedoeling de zelfbouwers onder de lezers warm te maken voor "robotica" en dan is een eenvoudig "instapmodel" een voor de hand liggende keuze.

Hoe een en ander er uitziet
Op de foto van figuur 4/5.1.1-1 is het prototype van de robot in volle glorie te aanschouwen. Duidelijk is het chassis of loopwerk te bewonderen dat de motoren en de batterijen of accu's bevat. Boven op dit loopwerk worden de besturingsprinten gemonteerd.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot

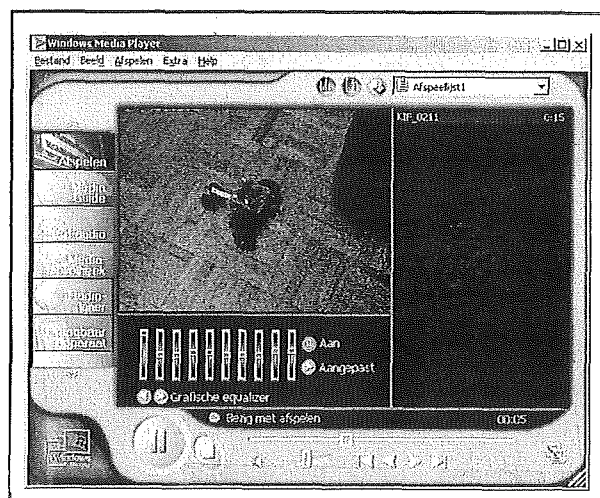


Figuur 4/5.1.1-1: De robot in volle glorie, voorzien van twee besturingsprinten.

De onderste print is de absoluut noodzakelijke basisprint, waarmee de twee motoren worden bestuurd. De bovenste print is één van de digitaal werkende printen, die de robot enige "intelligentie" geeft.

AVI-filmpje op internet

Wie het gedrag van deze robot in het écht wil aanschouwen kan terecht op de internet-site van "Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek": www.vego.nl/hobby of www.hobbyelektronica.vego.nl. Op de home-page staat een aanklikknop waarmee men een AVI-filmpje van de robot in actie kan bekijken.



Figuur 4/5.1.1-2: De robot is in actie te zien op de internet-site van "HE&IC".

5.1 Een universele robot

Wat kan de robot?

De mechanica van een robot maken is één zaak, er nadien iets mee doen is een tweede. Natuurlijk is de vraag naar nuttigheid van een dergelijk project volledig misplaatst. Het is de bedoeling dat de nabouwer ervaring opdoet met iets dat tegenwoordig met een groot woord "mechatronica" wordt genoemd, de combinatie van fijnmechanica en elektronica. In de volgende hoofdstukken wordt een aantal voorbeelden gegeven van elektronische besturingen die met dit project mogelijk zijn.

Motorsturing

Via een eenvoudige motorsturing kan men de twee motoren in feite in "tri-state" aansturen: motor uit, motor draaien in de ene richting, motor draaien in de andere richting. Als men rekening houdt met het feit dat er twee motoren in de robot aanwezig zijn, ontstaan dus in principe negen "vrijheidsgraden", zie figuur 4/5.1.1-3.

LINKER WIEL	VOER TUIG	RECHTER WIEL
vooruit	Vooruit	vooruit
vooruit	Rotatie om rechter wiel rechtsom	stilstand
vooruit	Pirouette rechtsom	achteruit
stilstand	Rotatie om linker wiel linksom	vooruit
stilstand	Stilstand	stilstand
stilstand	Rotatie om linker wiel rechtsom	achteruit
achteruit	Pirouette linksom	vooruit
achteruit	Rotatie om rechter wiel linksom	stilstand
achteruit	Achteruit	achteruit

Figuur 4/5.1.1-3: De vrijheidsgraden in de beweging van de robot.

Dansende robot

Nadat de fundamentele motorbesturing klaar is, kan men de robot op diverse manieren aansturen. Bij het project "dansende robot" worden de drie besturingsmogelijkheden van de twee motoren digitaal aangestuurd uit twee eenvoudige digitaal naar analoog omzetters die op hún beurt weer worden gestuurd uit een pulsgenerator. Een en ander heeft tot gevolg dat de robot een voorgeprogrammeerd bewegingspatroon gaat uitvoeren dat het best te omschrijven is als een wilde dans.

Reageren op geluid

In een volgend project wordt een schema ontwikkeld, waarmee de twee motoren van de robot reageren op het omgevingsgeluid. Via een elektret microfoontje wordt dit geluid opgevangen, versterkt en omgezet in een digitaal signaal dat de DAC's uit het vorige project aanstuurt. De robot is dan te "besturen" met bijvoorbeeld handgeklap.

Reageren op optische sensoren

In het volgens project wordt de robot voorzien van primitieve zintuigen. Vier infrarode sensoren zorgen ervoor dat de robot bijvoorbeeld niet van de rand van een tafel valt, maar onmiddellijk omkeert als een van de sensoren een "afgrond" ontdekt.

Robot zoekt zélf zijn "voeding"

In het laatste project wordt de robot voorzien van "ogen" die op zoek gaan naar de laadbron voor zijn accu's. Het apparaatje wordt uitgerust met twee "voelsprieten" die als bestek dienen en waarmee het elektronisch diertje contact kan leggen met de elektroden van de acculader.

Vervolgens?

Vervolgens voorlopig niets meer. Of... héél veel! Wie de zes in het kort besproken hoofdstukken doorneemt en aan het experimenteren slaat zal vaststellen dat in feite alleen de grenzen van de eigen ver-

beelding bepalen of er een vervolg komt op óns verhaal.

Follow up op internet

Als er belangstelling voor bestaat zullen wij op de site van "HE&IC" een extra pagina openen voor dit robotproject. Iedereen die wat te melden heeft, nieuwe prototypes heeft ontworpen of nieuwe elektronica heeft bedacht voor het tot leven wekken van dit beestje kan hierop terecht. Wij zijn zéér benieuwd!

4/5.1.2

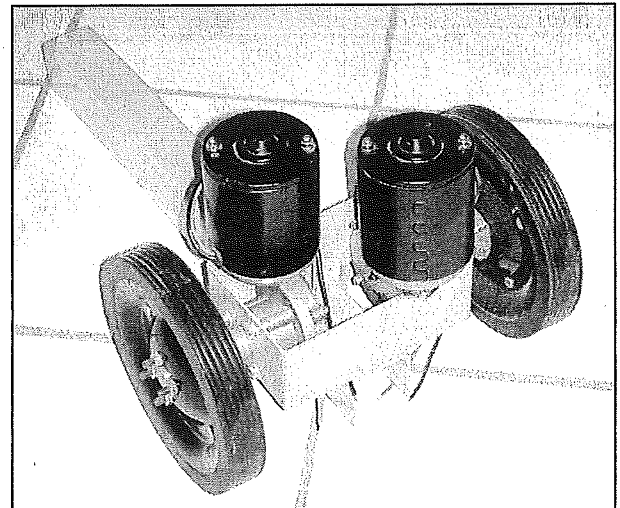
De mechanische constructie

Inleiding

De basis van iedere robot is de mechanische constructie oftewel het loopwerk. Dit loopwerk bestaat uit het chassis, de wielen, de aandrijving, de voeding en de mechanica die nodig is om de robot te kunnen besturen. Zo'n loopwerk kan in principe heel eenvoudig zijn, maar natuurlijk moet men wél over de nodige vaardigheden beschikken om de bouw tot een goed einde te brengen. In ieder geval is het maken van een robot loopwerk voor iedere fijnmechanische knutselaar een échte uitdaging! Zeer handig en eigenlijk onontbeerlijk is het bezit van een aantal catalogi van gespecialiseerde leveranciers. Of het nu aankomt op de keuze van motoren, wielen, tandwielen en constructiematerialen, zonder uitgebreide documentatie over wat allemaal leverbaar is, komt men niet ver. Een van de snelle leveranciers is Conrad uit Enschede, die in haar algemene elektronica catalogus een dik hoofdstuk inruimt voor onderdelen die men nodig heeft als men modellen bouwt. Zie voor meer informatie www.conrad.nl. Ook de speciale internetsite robot.pagina.nl is een bron van informatie.

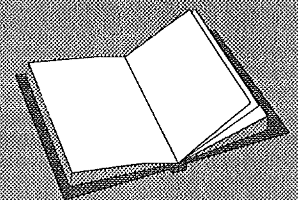
Model 1:
een zéér groot loopwerk

Er bestaat niet één robot, maar ieder ontwerp kan aangepast worden aan de individuele wensen en voorkeuren. Als eerste model van een loopwerk wordt een vrij grote uitvoering getoond. Hoe het loopwerk van deze robot er dus uit kán zien is geschetst in figuur 4/5.1.2-1.

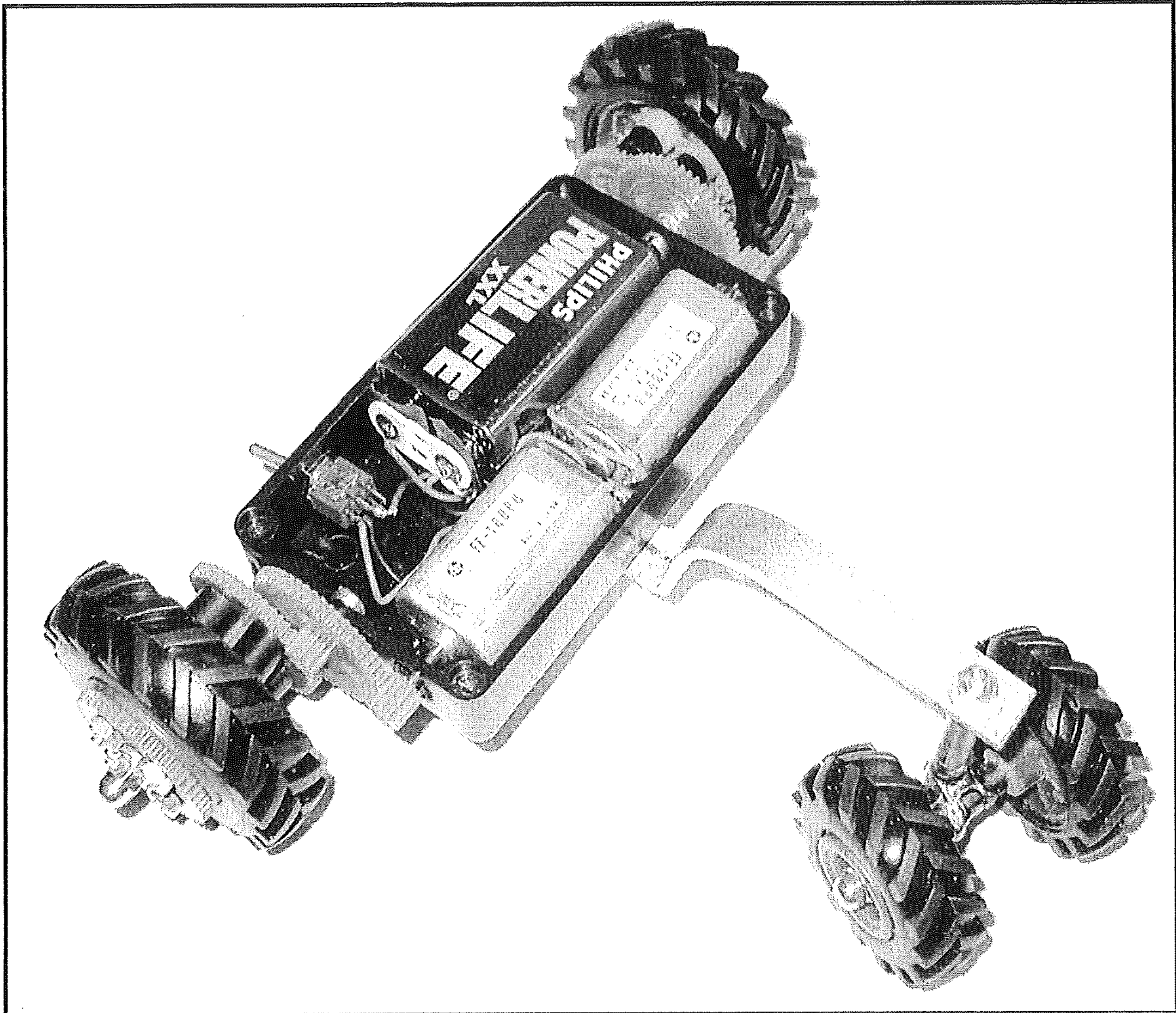


Figuur 4/5.1.2-1: Een uit de kluiten gewassen loopwerk van de robot.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot



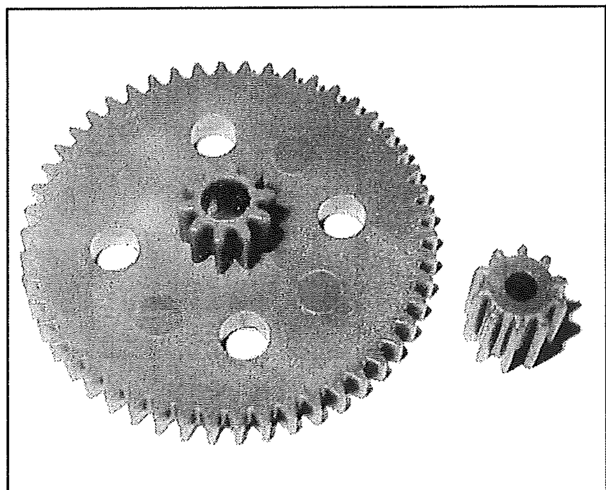
Figuur 4/5.1.2-2: Een tweede uitvoering van een universeel loopwerk, maar nu uitgevoerd met kleine speelgoedmotortjes.

Op de foto zijn twee elektromotoren prominent aanwezig, voorzien van een tandwielkast die een behoorlijke vertraging oplevert. Op de uitgaande as is een wiel vast gemonteerd. De motoren zijn in dit geval (sloop)ruitenwissermotoren van een flinke personenauto en de wielen hebben een diameter van 18 centimeter. Dit voortbewegingsmechanisme vraagt een behoorlijke stroom en heeft een flinke 12 V accu nodig. Toch geeft dit model het principe van het loopwerk uitstekend weer.

Model 2:
een kleiner model

Om kosten, stroom en gewicht te drukken en de hanteerbaarheid te vergroten kan men het loopwerk terugschalen naar het mA-bereik. Dit model wordt wat uitgebreider beschreven en vormt de basis van de elektronische besturing, die in de volgen-

de hoofdstukken aan de orde komt. Twee van de allergoedkoopste 9 V speelgoedmotortjes, plastic tandwieltjes, een handjevol M3 boutjes, moertjes en busjes, een 9 V blokcel en tenslotte een passend kastje is alles wat nodig is, zie figuur 4/5.1.2-2. Alle onderdelen zijn in de reguliere elektronicahandel te krijgen voor een zeer bescheiden bedrag. Als men ook nog de moeite neemt bij de speelgoedwinkel langs te gaan voor een paar knappe wieltjes, mag het resultaat er zijn.



Figuur 4/5.1.2-3: Dergelijke kleine plastic tandwieltjes worden toegepast voor het maken van een vertragingskast.

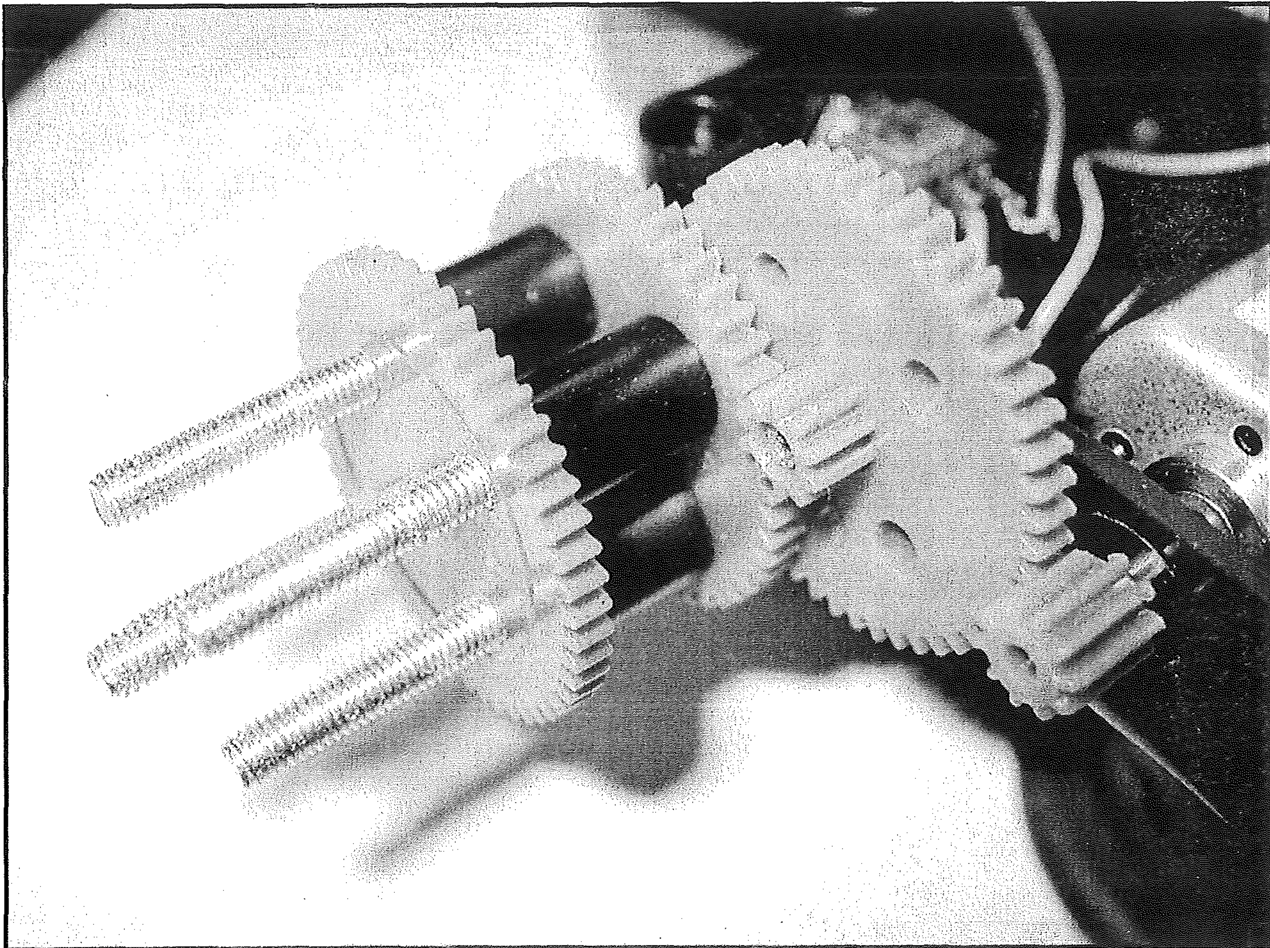
De vertraging voor de motoren

De meeste standaard motoren hebben een veel te hoog toerental. Motortjes mét ingebouwde vertraging zijn heel bruikbaar en in vele soorten te koop, maar ze zijn behoorlijk duur. Mocht de prijs geen bezwaar zijn en fijnmechanisch knutselen niet de sterkste kant is, dan gaat natuurlijk de voorkeur naar uit naar een exemplaar mét ingebouwde vertraging.
Maar in principe is het niet zo moeilijk om zélf een vertragingskast te construeren. Let er bij de keuze van een motortje zonder vertraging op dat de as een diameter heeft van 2 millimeter. Dat is namelijk de maat van de kleine plastic tandwieltjes die in het hobbycircuit te koop zijn, zie figuur 4/5.1.2-3.
Het kleine tandwiel kan dan met gepaste kracht voorzichtig op de as van de motor worden geduwd. Het grote tandwiel heeft een boring van 3 millimeter. Let goed op de tandwielconfiguratie in de foto van figuur 4/5.1.2-4!
Omdat de wielen op schroefdraad gelagerd zijn, hebben ze bij één van de draairichtingen de neiging naar buiten te bewegen. Omdat het eerste vertragingswiel opgesloten is door het tandwiel op de wielas, is dit op zich geen probleem. Het kan echter gebeuren dat de tanden van de twee grote tandwielen gaan happen. Verbuig de wielas dan een beetje zodat de tanden van het tandwiel op de wielas het eerste vertragingswiel raken vlakbij het kleine tandwiel op dat eerste vertragingswiel. In dat geval kunnen de tanden nooit met elkaar in aanraking komen. Het gaat om enkele tienden van millimeters.

De montage van motoren en vertraging

De motoren zijn met dubbelzijdig schuimtape in de behuizing gefixeerd. Het eerste vertragingstandwiel draait los over een M3 boutje. De schroefdraad geeft weliswaar niet de meest optimale lagering, maar het apparaat hoeft niet naar Rome. De positie van het boorgat in de behuizing voor de vertragingstandwielen is van groot belang.
Om zeker te weten dat het op de goede plaats uitkomt, kan men een tandwiel als boormal gebruiken. Zorg ervoor dat het tandwiel goed tegen het huis aanligt en bovendien spelingvrij ingrijpt in het kleine wiel.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-4: Een voorbeeld van een zélf in elkaar geknutselde vertragingskast.

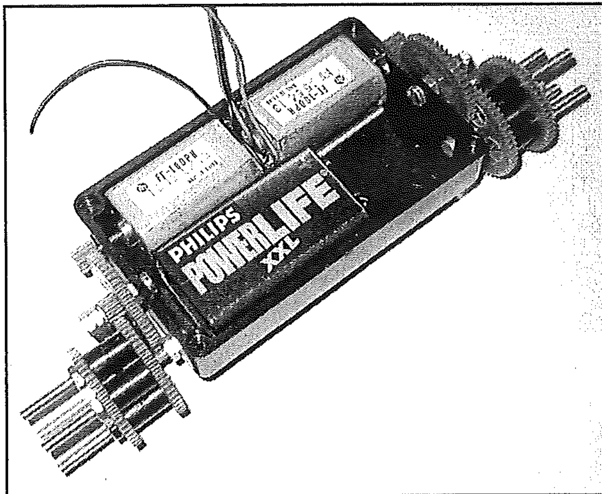
Boor nu via het gat van het tandwiel het gat in de behuizing. Steek een M3 boutje van binnenuit door het gat, zet dit aan de buitenzijde goed vast met een moertje en schuif het tandwiel erop. Dat hoort nu soepel te lopen. Mocht dat niet zo zijn, boor het gat in de behuizing dan op tot 3,5 mm. De bout heeft nu een beetje ruimte en kan tijdens het vastzetten gepositioneerd worden. Hetzelfde gebeurt met het tweede wiel. Mik het zo uit, dat de boutkoppen in de behuizing geen hinder ondervinden van eventueel aanwezige verstijvingrillen. Zoals op de foto van figuur 4/5.1.2-4 is te zien, is het eerste tandwiel iets hoger en het tweede tandwiel iets lager gemonteerd. In een wat ruimer kastje is dat allemaal minder kritisch.

Het tweede tandwiel draait eveneens op een M3 bout die aan de kast is vastgezet. Deze bout moet langer zijn. Op de foto is te zien dat het tandwiel op deze as met een tweede tandwiel gekoppeld is met afstandsbussen, om zo een dubbel lager te vormen. Op de vier bouten wordt straks een passend wiel gemonteerd. Let erop dat de vier boutkoppen in het tandwiel verzonken zijn.

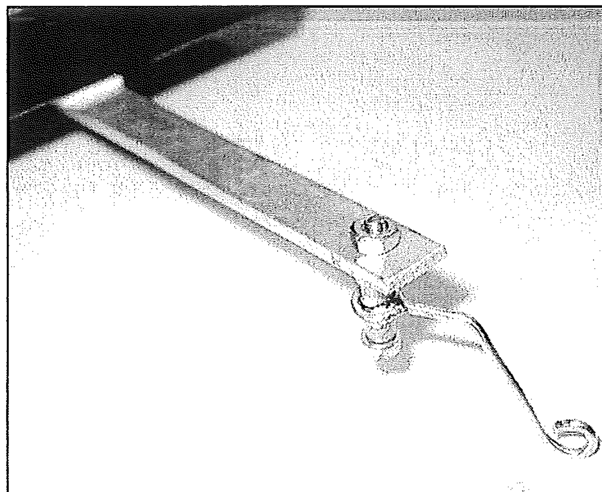
Het loopwerk is klaar

Dat is in feite alles wat nodig is om een goed werkend loopwerk voor een robot te

maken. Het volledig loopwerk is voorgesteld in figuur 4/5.1.2-5.



Figuur 4/5.1.2-5: Het gemonteerde loopwerk van dit tweede model.



Figuur 4/5.1.2-6: Een mogelijke uitvoering van een "sleephaak".

Het loopwerk gaat rijden

Zoals het er nu uitziet, sleept het loopwerk over de grond. Er zijn immers alleen maar twee voorwielen aanwezig! Men kan een heel eenvoudig staartmechanisme maken dat alle bewegingen van het voertuig moeiteloos kan volgen. Hiervoor wordt tegen de bodem van het bakje een strip vastgezet met twee boutjes met verzonken kop aan de binnenzijde van de kastbodem. Hierdoor blijft het bakje aan de binnenzijde glad. Aan het eind van de strip komt een boutje waarover een messing M3 busje is geschoven. Hieraan is een sleepstangetje gesoldeerd is. Een moertje onder de strip (niet zichtbaar in figuur 4/5.1.2-6) wordt zodanig aangedraaid dat het busje nog juist goed kan ronddraaien. Aan de andere kant van de strip komt een tweede boutje dat het geheel opsluit.

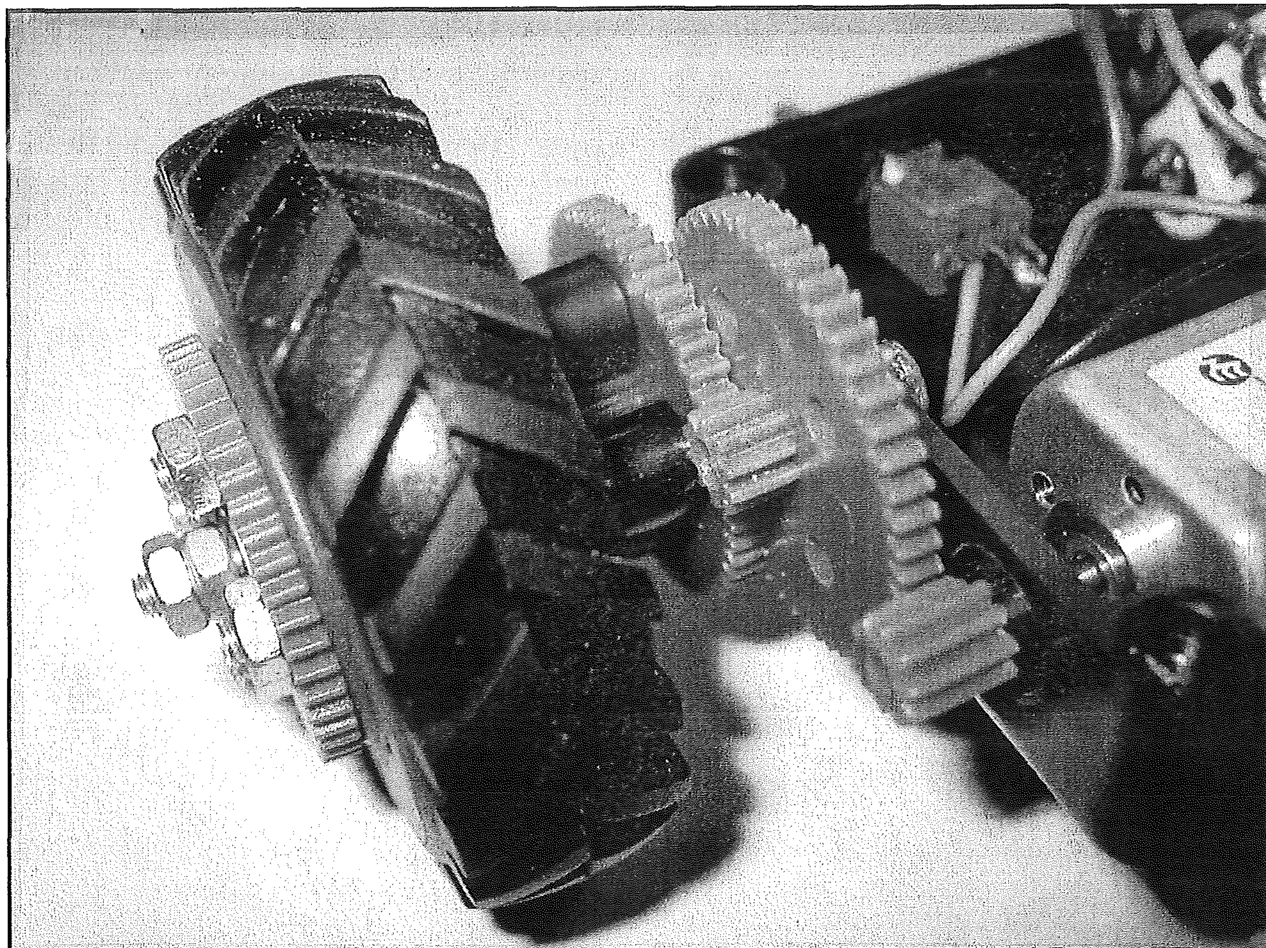


Figuur 4/5.1.2-7: Een wiel dat van een goedkope plastic trekker is gesloopt is érg bruikbaar voor dit robotmodel.

De wielen van de robot

De sleephaak heeft aan de voet een oogje. Mocht het allemaal wat mooier moeten, dan kan men een écht staartwiel bouwen. Wielen zijn natuurlijk zonder meer noodzakelijk! En daarvoor moet men in de speelgoedwinkel zijn.

5.1 Een universele robot



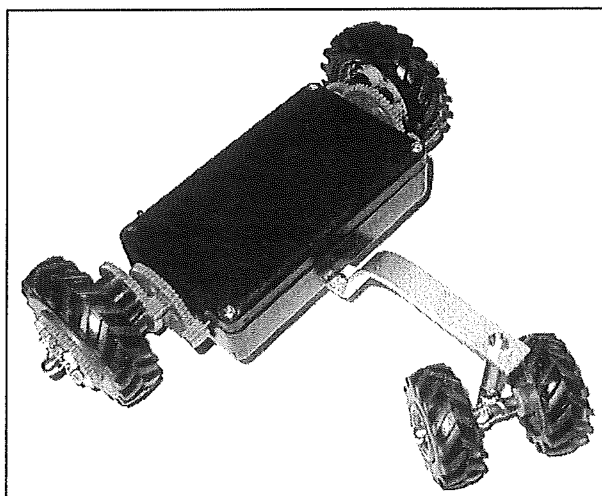
Figuur 4/5.1.2-8: Het loopwerk wordt voorzien van wieltjes, afkomstig van landbouwtrekkertjes.

Op de afdeling voertuigen zijn goedkope plastic landbouwtrekkertjes met zeer realistisch uitgevoerde wielen te koop. Zoek een plastic trekker uit met wielen van bruikbare afmetingen (kost EUR 6,00 of daaromtrent). Eem bruikbaar wiel voor het loopwerk is voorgesteld in figuur 4/5.1.2-7.
Er bestaan ook prachtige metalen modellen die ook plastic wielen hebben, maar dat is eigenlijk jammer. Bovendien kosten die een veelvoud van de plastic uitvoering. Boor de as gaten op tot 3 millimeter.
De grote wielen worden op de hoofdassen gemonteerd. Het kan zijn dat hiervoor eventueel aanwezige verstijvingribben in de wieltjes verwijderd moeten worden. Zoals de foto van figuur 4/5.1.2-8 laat zien, worden de hoofdwielen ingeklemd tussen de afstandsbussen en het buitenste tandwiel. De as bout steekt door het centrale gat en wordt voorzien van twee tegen elkaar vastgezette moertjes die voorkomen dat het wiel er af loopt. Later is het de bedoeling dat de moertjes met wat nagellak of borgmiddel worden beschermd tegen lostrillen. Maar dat is eerst aan de orde als alles goed werkt!
De praktijk leert dat een en ander tijdens de bouw toch weer af en toe even los moet. Een borgmoertje is ook een goede oplossing.

5.1 Een universele robot

Model 2 krijgt vorm

Op de overzichtfoto van figuur 4/5.1.2-9 is een dubbel staartwiel afgebeeld. Een miniatuur landbouwtrekker heeft twee grote en twee kleine wielen. De laatste twee vormen een prachtige staartsectie. Het staartwiel lijkt op een constructie die bekend is van opleggers. Twee messing busjes zijn haaks op elkaar gesoldeerd. Om die werkzaamheid te vereenvoudigen, kan men met een stukje koperdraad een "broekenmannetje" aanleggen zoals betonvlechters dat doen. Een lange M3 bout gaat door de wielassen en de horizontale bus. De verticale bout wordt met twee moertjes, één aan beide zijden van de strip, zodanig afgesteld dat het geheel vrij kan draaien zonder al te veel speling. De staartwielen volgen moeiteloos elke beweging, ook achteruit rijden vormt geen enkel probleem. Deksel erop en klaar is het loopwerk!



Figuur 4/5.1.2-9: Het tweede model is klaar voor de elektronica!

Model 3: ook epoxy printplaat is bruikbaar!

Wie het werken met metaal niet zo ziet zitten kan ook dit derde model nabouwen, waarbij het "chassis" uit niets meer bestaat dan een plaatje epoxy printplaat! Voor dit project wordt een speciaal chassis gemaakt op basis van gewone enkelzijdige printplaat.
Op deze plaat worden alle onderdelen vastgeschroefd. Om het nog gemakkelijker te maken wordt bij dit derde model uitgegaan van motoren met een aangebouwde vertraging. Afhankelijk van de grootte van de wielen kiest men een toerental in de buurt van 59 omwentelingen per minuut bij kleine wielen of 31 omwentelingen per minuut als de wielen iets groter zijn uitgevallen. Een snelheid tussen 10 en 20 centimeter per seconde is heel geschikt. Hoe dit model er na een paare uurtjes knutselen uitziet blijkt uit de foto van figuur 4/5.1.2-10.
Hoe de grote aandrijfwielen aan de as van de motor worden bevestigd blijkt uit figuur 4/5.1.2-11.

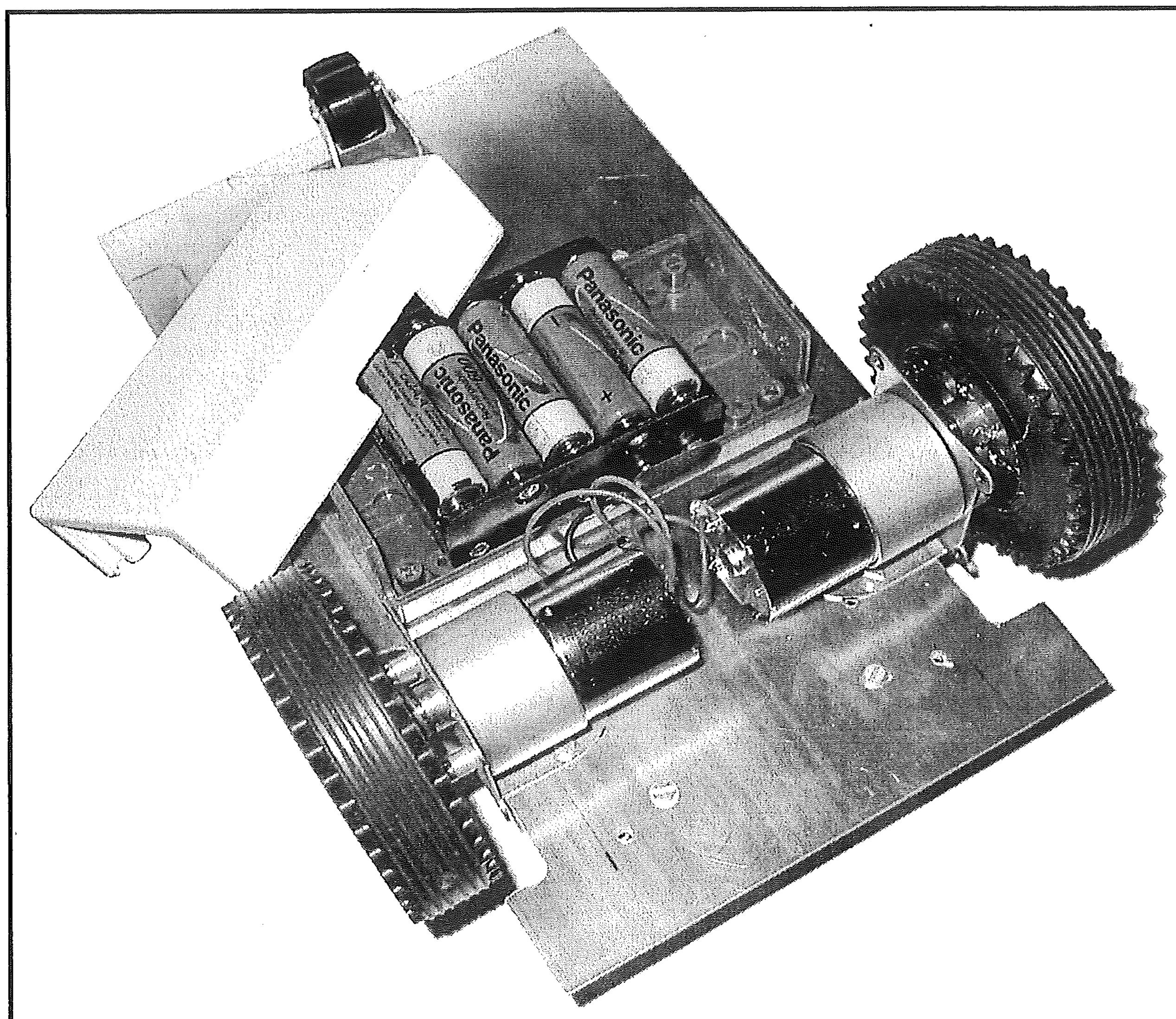
Alternatieven

Natuurlijk zijn er vele alternatieve mogelijkheden, afhankelijk van budget en verkrijgbaarheid.
De foto van figuur 4/5.1.2-12 toont diverse motoren met en zonder vertraging in verschillende prijsklassen. Een bezoekje aan de elektronica shop of de modelbouw winkel zal verhelderend werken.

Snelheid versus toerental

Ook wat betreft de uiteindelijke "rijsnelheid" van het model heeft men alle persoonlijke vrijheid. Het zal duidelijk zijn dat er een wiskundig verband bestaat tussen het toerental waarmee de wielen worden aangedreven, de diameter van de wielen en de robotsnelheid. In de grafiek van figuur 4/5.1.2-13 is dit verband aangegeven voor vier verschillende toerentallen. Let op!

5.1 Een universele robot

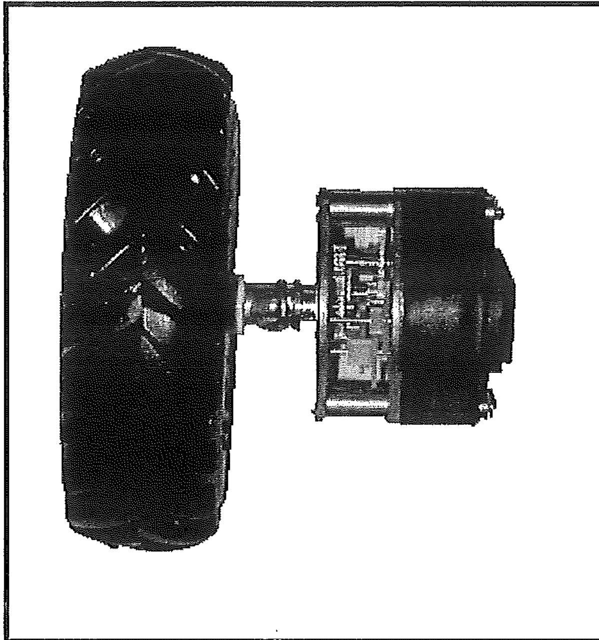


Figuur 4/5.1.2-10: Het derde model is klaar voor de elektronica!

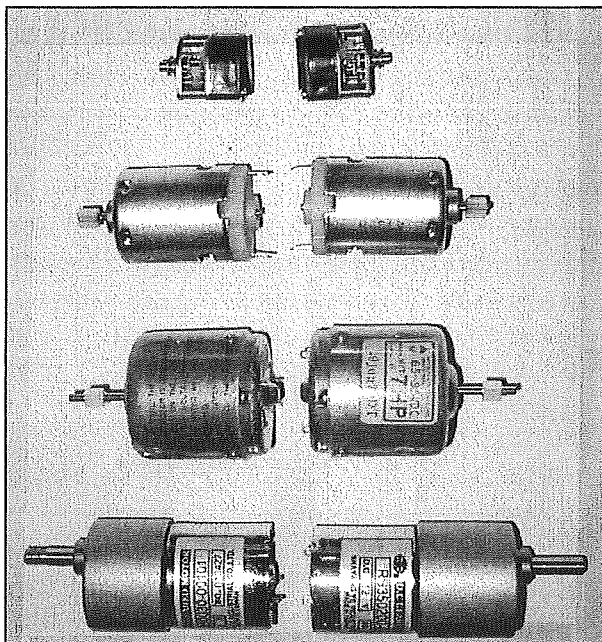
Dit zijn natuurlijk niet de toerentallen van de motorassen, maar deze van de aandrijfwielen. Alleen als motoren mét ingebouwde vertraging worden toegepast waarvan de assen rechtstreeks op de aandrijfwielen zijn bevestigd, is de motorsnelheid gelijk aan het toerental van de aandrijfwielen. Het begrip "RPM" staat voor "omwentelingen per minuut".
Hogere toerentallen zijn geschikt voor race-robots en grote ruimten. Ze genieten bepaald niet de voorkeur op een studentenkamer. Heel geschikte motortjes zijn te vinden in de diverse modelbouw/elektronica zaken.

De bedrading in het loopwerk
De motoren worden afzonderlijk bedraad. Uit het mechanische deel komen dus twee maal twee motordraden en twee batterijdraden.
Om straks de aansluiting op de elektronica simpel te houden, kan gebruik worden gemaakt van een vijfpolige aansluitplug waar de draden al aan zitten, zie figuur 4/5.1.2-14.

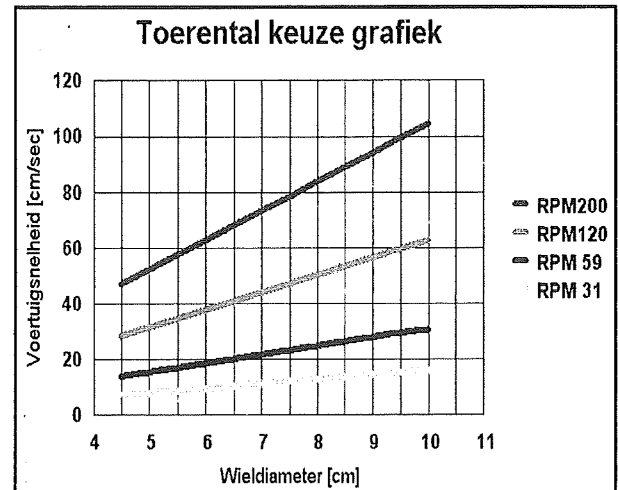
5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-11: Het bevestigen van de grote aandrijfwielen op de as van de motor met ingebouwde vertraging.



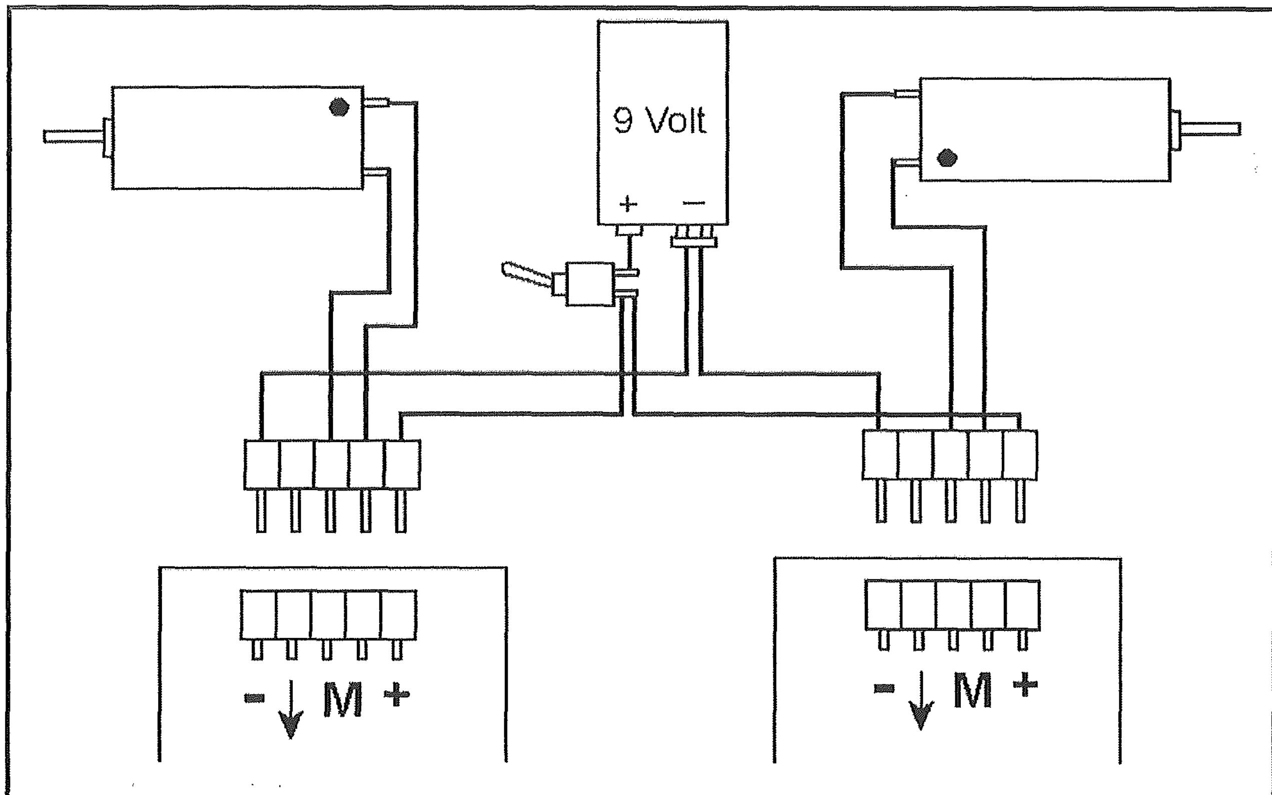
Figuur 4/5.1.2-12: Diverse motoren in verschillende prijsklassen, die bruikbaar zijn voor de bouw van een robot loopwerk.



Figuur 4/5.1.2-13: Het verband tussen de omwentelingssnelheid van de aandrijfwielen, de diameter van deze wielen en de snelheid van de robot.

De plug zélf wordt straks in het bijbehorende contact op de elektronicaprint gestoken. De losse draaduiteinden worden direct aan de motoren en de batterij gesoldeerd. Let wel, per motor wordt zo'n vijfpolige aansluiting gebruikt. De batterij wordt op beide kabels aangesloten. Op elke connector blijft één draad ongebruikt. Dat wordt straks de signaalingang. Het is handig de batterij aan te sluiten via een batterijclip. Nog handiger is het daarnaast ook een schakelaar op te nemen in een voedingsleiding van de batterij. De schakelaar vindt een plaats in de behuizing, zodanig dat hij aan de buitenzijde bediend kan worden.
De stekers gaan maar op één manier in de op de printjes gesoldeerde connectoren. Let er goed op dat ze in de juiste stand gemonteerd worden. Mocht er geen gebruik gemaakt worden van connectoren maar van vaste bedrading, dan kan dat natuurlijk ook. Op het schema van figuur 4/5.1.2-14 staat een deel van de omtrek van de besturingsprintjes.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-14: De fundamentele bedrading in het loopwerk.

Dat maakt nieuwsgierig. In het volgende hoofdstuk worden de motoren elektronisch bestuurd.

Slotopmerking

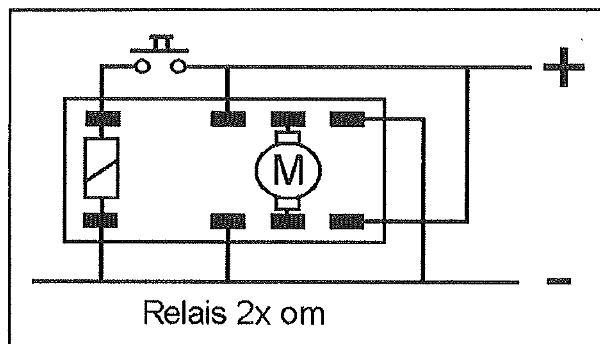
De overbrengingen, wieldiameter, motortoerental en voedingsspanning zijn allemaal factoren die de beweging beïnvloeden. Kleinere wielen maken het platform minder snel maar krachtiger. Mocht de snelheid veel te hoog zijn, kan eventueel een extra vertragingstandwiel gemonteerd worden. Bij tegengestelde motor draairichting, maakt het loopwerk een fraaie pirouette. Als één van de motoren stil staat, draait het loopwerk om het stilstaande wiel. Het geheel mag best wel pittig reageren. In een volgend hoofdstuk komen alle mogelijke basisbewegingen aan de orde. Maar pas als het mechanische deel van het loopwerk naar behoren werkt, wordt het tijd om de soldeerbout warm te stoken!

4/5.1.3

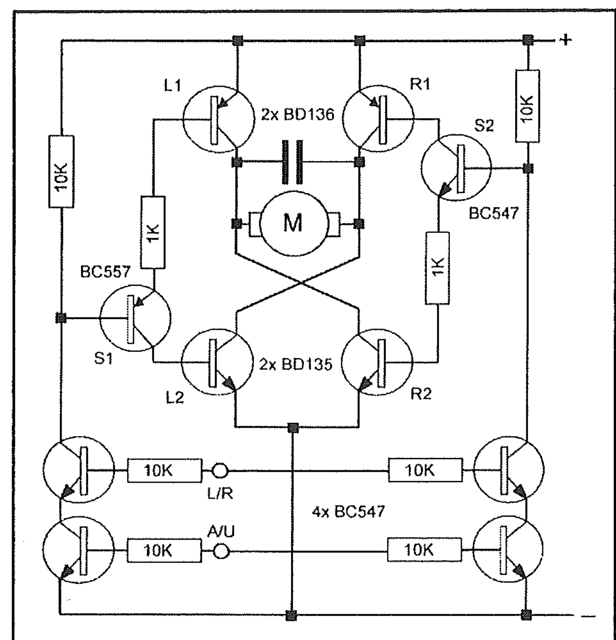
Motorsturing

Inleiding

Met een relais is op eenvoudige wijze de draairichting van een gelijkstroom elektromotor om te keren. Daarvoor zijn twee omschakelcontacten nodig. De tekening van figuur 4/5.1.3-1 toont de aansluitgegevens aan de onderzijde van zo'n relais.



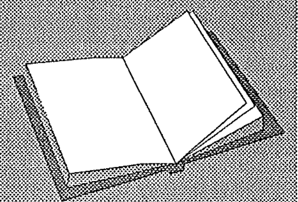
Figuur 4/5.1.3-1: Het besturen van de motoren met relais.



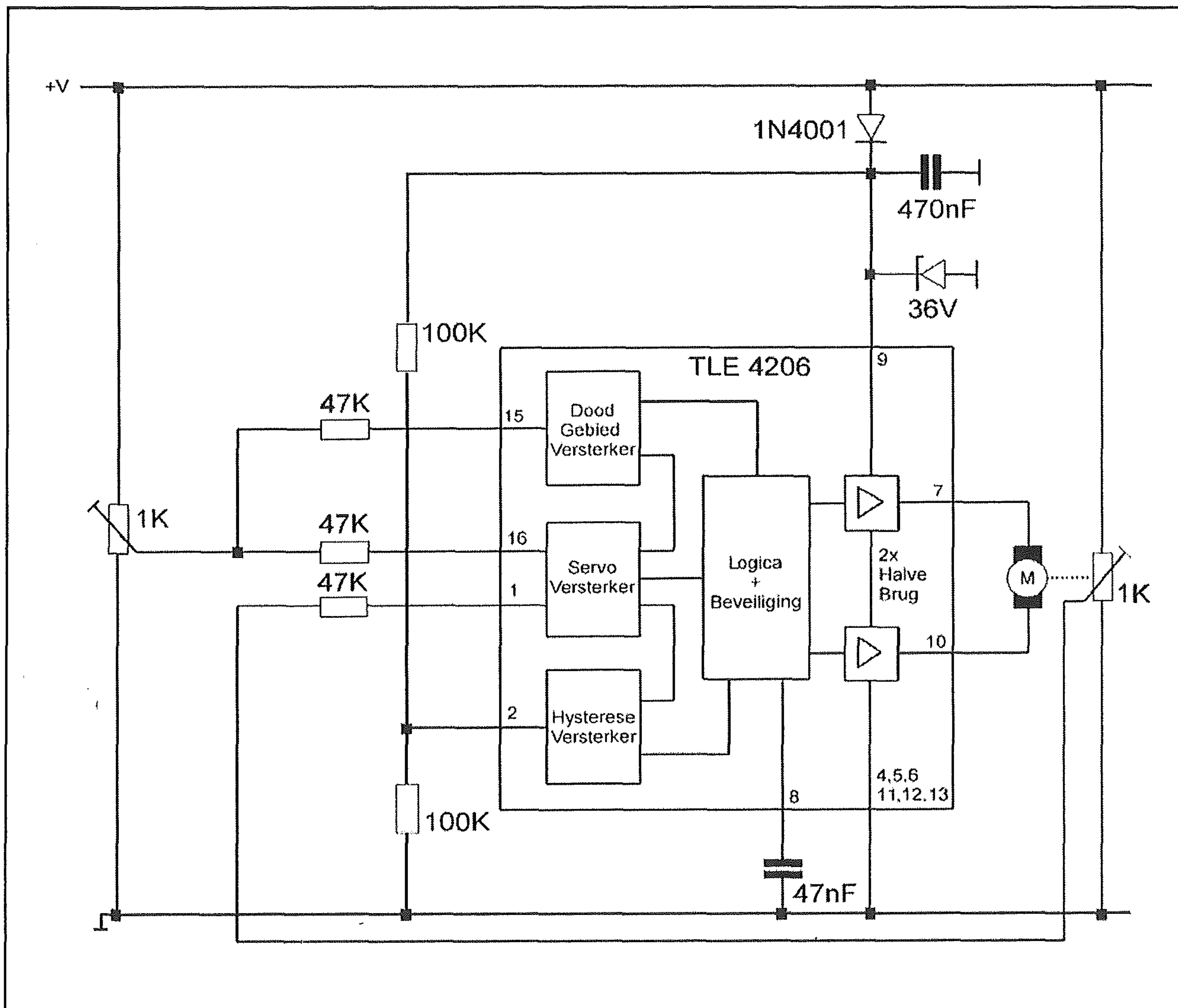
Figuur 4/5.1.3-2: Het besturen van de motoren met een brugschakeling met transistoren.

Toch is dit natuurlijk een beetje ouderwets! Een goed alternatief is een brugschakeling met transistoren, zoals voorgesteld in figuur 4/5.1.3-2. Stel men legt de links/rechts-stuuringang L/R aan massa en de aan/uit ingang A/U aan de plus. Stuurtransistor S2 gaat dan geleiden en S1 blokkeert. L1 en L2 blijven dicht en R1 en R2 gaan open. De motor draait rechtsom. Omgekeerd, als L/R aan de plus ligt, stuurt S1 open en geleiden L1 en L2. De draairichting van de motor keert om.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot

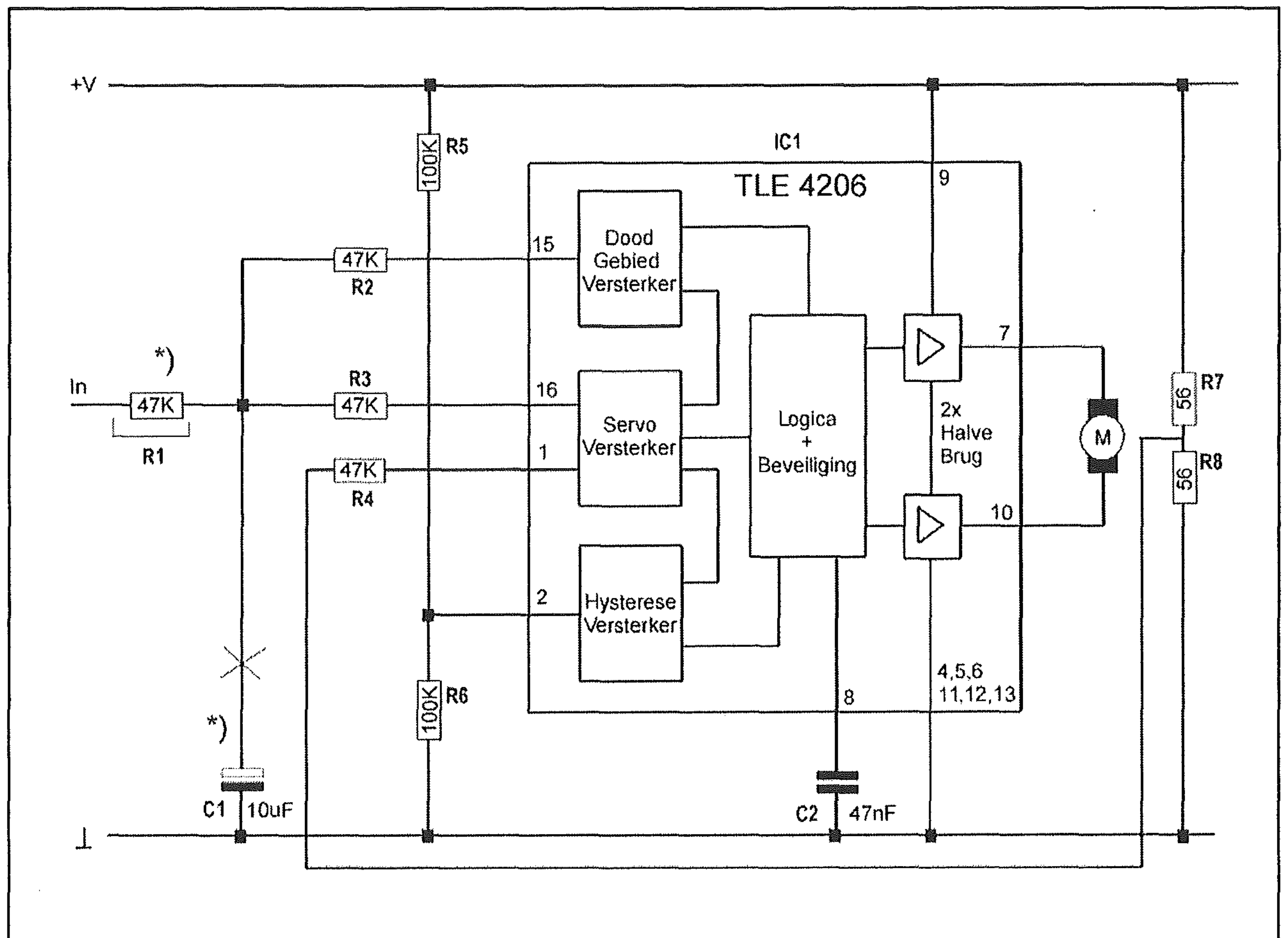


Figuur 4/5.1.3-3 De basisschakeling rond de TLE4206.

Stel dat onder deze conditie een klein stoorpulsje (bijvoorbeeld van de motor) op de basis van S2 komt. Heel even staan dan alle transistoren open en zijn vervolgens allemaal stuk. Dit verschijnsel heet stroomdoorslag en dit soort H-bruggen is er berucht om.
Om deze reden heeft de industrie een aantal IC's ontwikkeld, waarbij de getekende H-brug wél toegepast wordt, maar dan aan alle kanten beveiligd tegen stroomdoorslag. Omdat deze IC's over het algemeen ontwikkeld zijn voor industrieel gebruik, hangt er een prijskaartje aan dat voor hobby-gebruik minder interessant is.

Besturen met de TLE4206
Het zoeken naar een goedkoper alternatief leverde een IC op dat bedoeld is voor de hoogteverstelling van koplampen in auto's. Het bezit alle interne beveiligingen om stroomdoorslag te voorkomen, maar heeft een voor servomotoren typische configuratie met een potentiometer.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.3-4: De praktische schakeling van de motorbesturing.

De schakeling zorgt ervoor dat de stand van de regelknop op het dashboard (een potentiometer) vergeleken wordt met de stand van een potentiometer die aan de koplampunit is gekoppeld. De motor zorgt ervoor dat de standen overeenkomen. Voor iets meer dan EUR 3,00 krijgt men de beschikking over dit zeer handige IC, de TLE4206, een 16 potig juweeltje dat er in zijn basisschakeling uitziet als getekend in figuur 4/5.1.3-3. Het IC wordt gefabriceerd door Siemens, een oerdegelijke en oeroude Duitse fabrikant die tegenwoordig blijkbaar als "Infineon" door het leven wenst te gaan.
De linker potentiometer zit in de auto, de rechter is mechanisch gekoppeld aan de lampverstellingsmotor. Om te voorkomen dat de motor om het nulpunt gaat jitteren, kan een dood gebied worden ingesteld (bovenste versterkerblok) met externe weerstanden. Datzelfde geldt voor de hysteresis (onderste versterkerblok). De servoversterker zorgt ervoor dat de motor probeert beide potentiometerwaarden gelijk te maken. De twee halve bruggen hebben de functie zoals in de eerder beschreven transistoruitvoering. De condensator aan pen 8 onderdrukt storingen die voortkomen uit stroompieken. In de voeding zit nog een ontstoorcondensator, een beveiliging tegen spanningspieken (zenerdiode) en een diode die beschermt tegen ompolen van

de voedingsspanning. Voor de toepassing als robotbesturing zijn deze dioden niet noodzakelijk. De linker potentiometer wordt ook niet gebruikt, zodat een stuursignaal rechtstreeks kan worden aangesloten op het punt waar nu nog de loper zit. De rechter potentiometer wordt vervangen door twee gelijke weerstanden die het nulpunt vastleggen.

De TLE4206 in de robot

De overgang van een bepaalde beweging naar een andere gaat erg abrupt. Dat gedrag past goed een robot, maar de bewegingen zijn wel erg hoekig. De TLE4206 stuurt de motor aan door middel van pulsbreedte modulatie. De aansturing zoals die in de volgende hoofdstukken wordt beschreven is digitaal. Er wordt daarbij alleen gebruikt gemaakt van de drie toestanden:

- motor vol vermogen linksom;
- motor stop;
- motor vol vermogen rechtsom.

Alle tussenliggende snelheden worden genegeerd. Toch kan men dat deel van het regelgebied gebruiken om de bewegingen van de robot wat meer af te ronden. Die meer natuurlijke beweging wordt gerealiseerd met een weerstandje en een condensator als vertraging aan de ingang. Let wel, dit is een optie. Als de voorkeur uitgaat naar een Spartaans bewegende robot, dan wordt de condensator *) weggelaten en de weerstand *) door een draadbrug vervangen. Dat is ook de beste manier om te beginnen. De bewegingen zijn dan duidelijk gescheiden. Het totaalschema ziet er nu uit als getekend in figuur 4/5.1.3-4.

De bouw van de schakeling

De schakeling is zó eenvoudig dat het geheel eventueel ook op gaatjesboard betrouwbaar is te bouwen. Maar, in figuur 4/5.1.3-5 is een printontwerpje voorgesteld, waar de onderdelen volgens de bestukkingstekening van figuur 4/5.1.3-6 op ondergebracht kunnen worden.

Opmerkingen

Het zal wel duidelijk zijn dat er twee van dergelijke printjes moeten worden gebouwd, voor iedere motor één. Maar, met deze printen zijn we er nog niet. De ingang heeft in feite drie hoofdcondities.

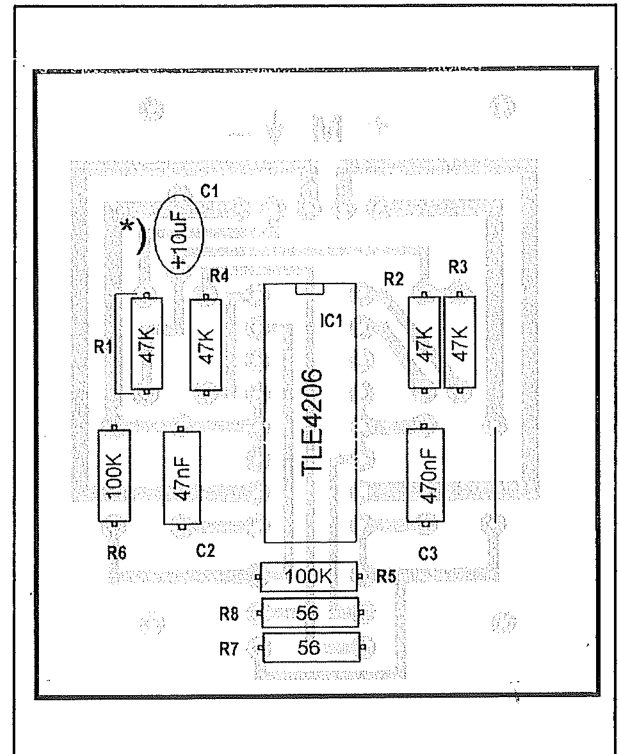
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R2,R3,R4	47 kΩ	
R5,R6	100 kΩ	
R7,R8	56 Ω	
CONDENSATOREN		
C1	10 uF	16 V printelco
C2,C3	47 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
IC1		TLE4206

5.1 Een universele robot

- Als hij (bijna) aan nul ligt draait de motor een bepaalde kant op.
- Als de ingang op de voedingsspanning ligt, draait de motor in de andere richting. Zorg ervoor dat deze richting overeenkomt met een achteruit rijdende beweging! Als dat niet het geval is moet de motor omgepoold worden.
- Op halve voeding staat hij stil.

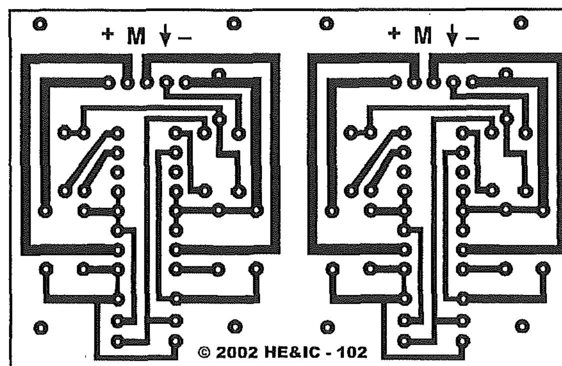
De fabrikant heeft het IC zo uitgevoerd dat de nul iets boven massa moet liggen. Als het IC met logica wordt aangestuurd, wordt automatisch aan die voorwaarde voldaan. Als de stuuringang echt aan een harde massa ligt kan dat duiden op kortsluiting in de bedrading. Uit veiligheidsoverwegingen wordt de motor in dat geval niet aangestuurd.
In het volgende hoofdstuk wordt duidelijk hoe de motorsturing, die in feite tri-state is, toch met een digitaal signaal kan worden aangestuurd.



Figuur 4/5.1.3-6: De componentenopstelling van de motorbesturing.

5.1 Een universele robot

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.3-5: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

4/5.1.4

Dansende robot

Inleiding

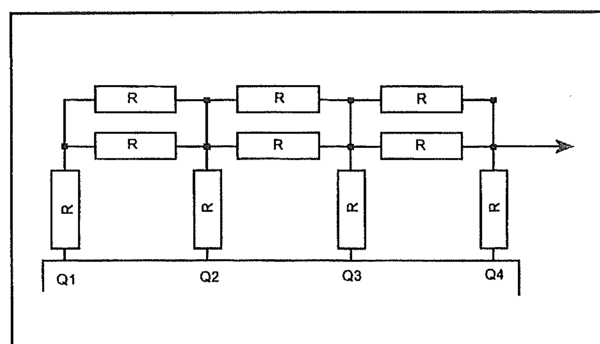
De motorbesturingsprint uit hoofdstuk 4/5.1.3 kent drie toestanden:

- stuurspanning 0 V: motor beweegt vooruit;
- stuurspanning 4,5 V: motor staat stil;
- stuurspanning 9 V: motor beweegt achteruit;

Het ligt voor de hand dat men digitale technieken kan gebruiken voor het aansturen van de twee motoren van de robot. Digitale schakelingen kennen echter maar twéé condities, "L" of "H". Hierop zal een truc verzonnen moeten worden.

Eenvoudige DAC

Door diverse digitale signalen aan een digitaal naar analoog omvormer aan te bieden, kan men de "L" en "H" van de digitale elektronica omzetten naar analoge stuursignalen voor de motorbesturing. Een van de eenvoudigste systemen is gebruik te maken van een zogenaamde R-2R omzetter. Het principeschema van een dergelijke omzetter is getekend in figuur 4/5.1.4-1. Q1 tot en met Q4 zijn de uitgangen van een binaire teller. De uitgang van het zogeheten R-2R netwerk voert een analoog signaal dat evenredig is met de tellerstand, zie figuur 4/5.1.4-2. In dit geval wordt het uitgangssignaal in 16 stapjes gedeeld ($2^4 = 16$). Een R-2R netwerk gedraagt zich dus als digitaal analoog converter (DAC).



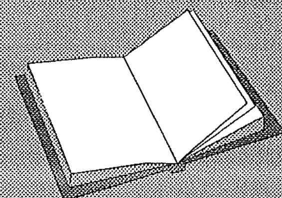
Figuur 4/5.1.4-1: Het principe van een R-2R omzetter.

DAC's en de robot

In de schakeling van figuur 4/5.1.4-3 is het R-2R netwerk ingekort en tweemaal uitgevoerd. Het uitgangssignaal is nu beschikbaar op drie niveaus: nul, de halve voedingsspanning en de hele voedingsspanning.

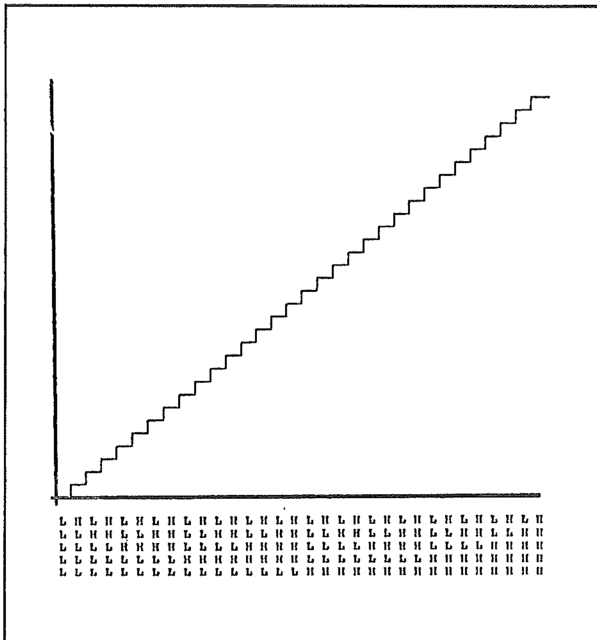
LEES OOK:

Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3

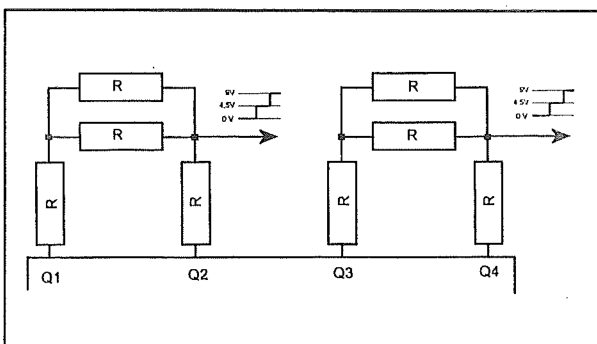


5.1 Een universele robot

Als men uitgaat van een 9 V blokcel komen deze drie niveaus overeen met 0 V, 4,5 V en 9 V. Precies wat nodig is om alle gewenste ingangssignalen voor de TLE4206 op te wekken! Q1 en Q2 worden gebruikt voor de besturing van het éne wiel en Q3 en Q4 voor het andere wiel.



Figuur 4/5.1.4-2: De uitgangsspanning van het R-2R netwerk van figuur 4/5.1.4-1.



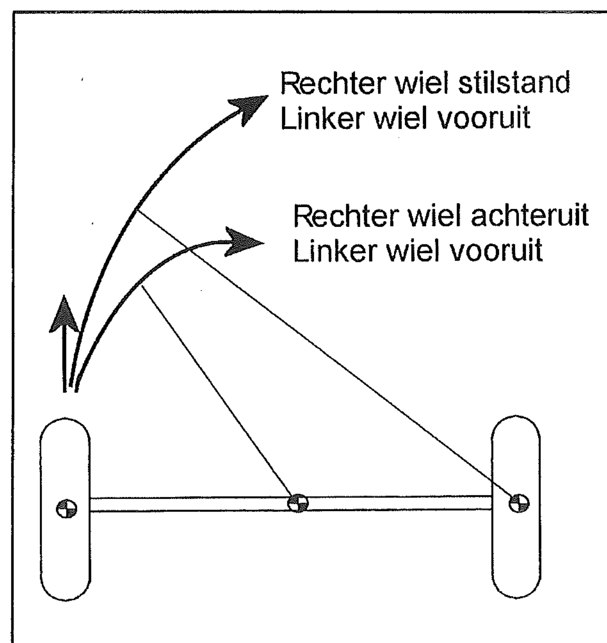
Figuur 4/5.1.4-3: De drie analoge niveaus voor het besturen van de motoren kunnen op deze manier uit één vier bit teller worden gegenereerd.

Waarheidstabel van de besturing
De waarheidstabel van de besturing van één motor is getekend in figuur 4/5.1.4-4. Uiteraard worden Q1/Q2 voor de tweede motor vervangen door Q3/Q4.

Q1	Q2	UIT	WIEL
0	0	0V	vooruit
1	0	4,5V	stilstand
0	1	4,5V	stilstand
1	1	9V	achteruit

Figuur 4/5.1.4-4: De waarheidstabel voor het besturen van één van de motoren uit twee binaire signalen.

Robot bewegingen
Als men de waarheidstabellen voor de beide wielen combineert is een negental voertuigbewegingen te realiseren (inclusief stilstand), zie figuur 4/5.1.4-5.



Figuur 4/5.1.4-6: De drie "middelpunten" op de vooras, waar de robot rond kan bewegen.

5.1 Een universele robot

LINKER WIEL	VOER TUIG	RECHTER WIEL
vooruit	Vooruit	vooruit
vooruit	Rotatie om rechter wiel rechtsom	stilstand
vooruit	Pirouette rechtsom	achteruit
stilstand	Rotatie om linker wiel linksom	vooruit
stilstand	Stilstand	stilstand
stilstand	Rotatie om linker wiel rechtsom	achteruit
achteruit	Pirouette linksom	vooruit
achteruit	Rotatie om rechter wiel linksom	stilstand
achteruit	Achteruit	achteruit

Figuur 4/5.1.4-5: De negen bewegingsrichtingen oftewel "vrijheidsgraden" van de robot als de twee motoren met 2 x 2 bit worden aangestuurd.

Het voertuig kan dus in beide richtingen om zijn as, maar ook om elk van de wielen draaien. In feite zijn er dus drie "middelpunten", waar de beweging rond plaatsvindt.
Dit is voorgesteld in figuur 4/5.1.4-6. Aan beweeglijkheid dus geen gebrek. Nu nog de aansturing!

Dansende robot

Ter demonstratie van de beweeglijkheid van het mechanische deel van de robot wordt een eenvoudige schakeling voorgesteld, die alle mogelijke bewegingspatronen doorloopt. Er zijn negen basisbewegingen. Met een simpele 4 bit binaire CMOS-teller, zoals de 4520, moet het dus mogelijk zijn de robot in beweging te krijgen.
Een 4 bit binaire teller kent zestien toestanden die men meestal voorstelt door de decimale notatie "0" tot en met "15". Decimaal "0" komt dan overeen met binair "L-L-L-L", decimaal "15" met binair "H-H-H-H". Als de Q1 en Q2 uitgangen worden gebruikt voor de besturing van het linker wiel en Q3 en Q4 voor de besturing van het rechter wiel, ziet het verband tussen de stand van de teller en de bewegingsrichting van de robot er uit zoals voorgesteld in de tabel van figuur 4/5.1.4-7. Een paar situaties komen dubbel voor, maar voor deze demonstratie is dat uiteraard géén probleem. Als telpulsgenerator kan men (hoe kan het anders) een onvolprezen 555 toepassen.

Het schema

Het schema van de besturing voor de dansen de robot is getekend in figuur 4/5.1.4-8. In de eenvoud herkent men de ware meester! Géén microcontrollers of te programmeren geheugens, maar twee ordinaire IC'tjes. Waaruit blijkt dat eenvoudige robotica niet zo moeilijk is als het woord klinkt.

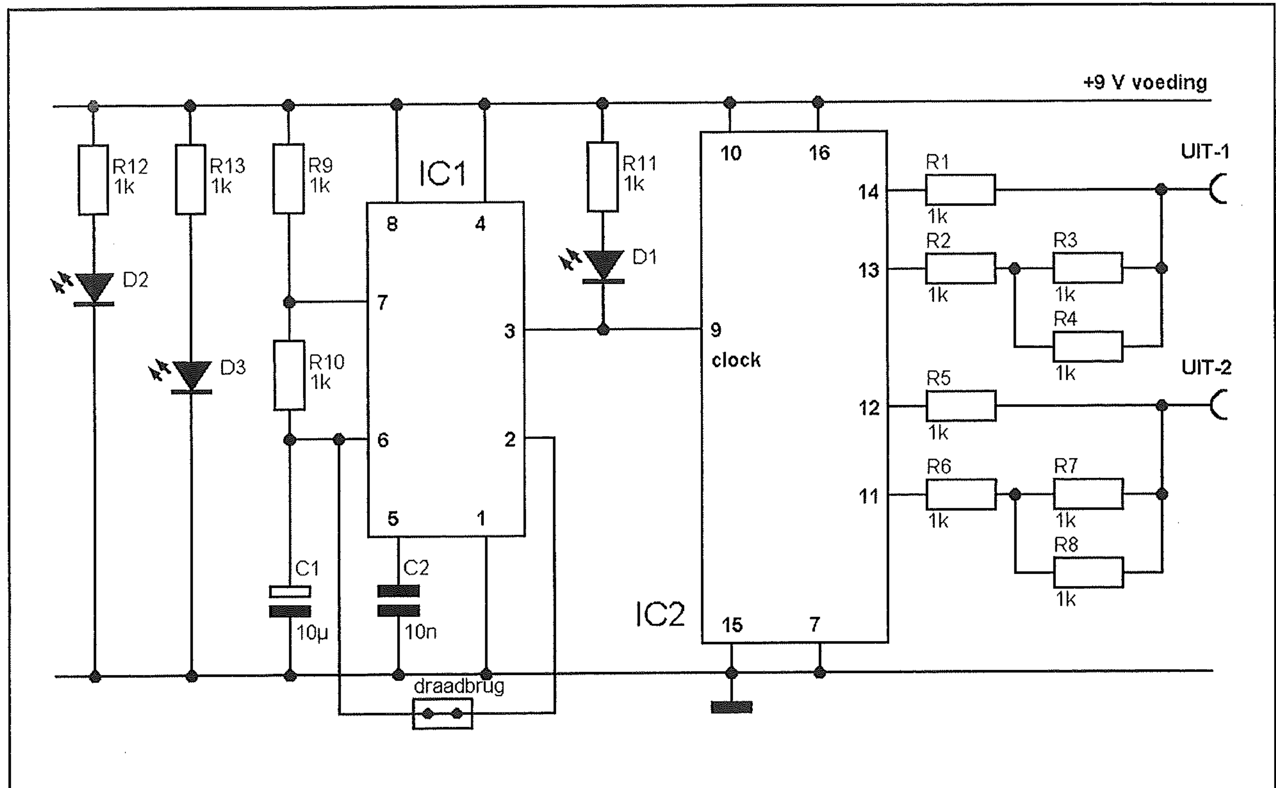
5.1 Een universele robot

STAP	LINKER WIEL		RECHTER WIEL		VOERTUIG
	Q1	Q2	Q3	Q4	
0	0	0	0	0	Vooruit
1	1	0	0	0	Rotatie om linker wiel linksom
2	0	1	0	0	Rotatie om linker wiel linksom
3	1	1	0	0	Pirouette linksom
4	0	0	1	0	Rotatie om rechterwiel rechtsom
5	1	0	1	0	Stilstand
6	0	1	1	0	Stilstand
7	1	1	1	0	Rotatie om rechterwiel linksom
8	0	0	0	1	Rotatie om rechterwiel rechtsom
9	1	0	0	1	Stilstand
10	0	1	0	1	Stilstand
11	1	1	0	1	Rotatie om rechterwiel linksom
12	0	0	1	1	Pirouette rechtsom
13	1	0	1	1	Rotatie om linker wiel rechtsom
14	0	1	1	1	Rotatie om linker wiel rechtsom
15	1	1	1	1	Achteruit

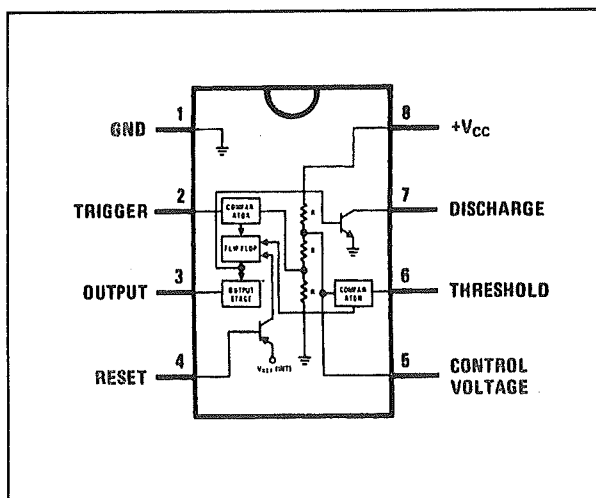
Figuur 4/5.1.4-7: Het verband tussen de toestand van de 4 bit brede teller en de bewegingsrichting van de robot.

IC1 is de 555, alhier op de overbekende manier geschakeld als astabiele multivibrator. De frequentie van de schakeling wordt bepaald door de onderdelen R9, R10 en C1. De uitgangspulsen op pen 3 sturen de clock-ingang van IC2, de 4520. De vier Q-uitgangen van de teller sturen de twee R-2R netwerkjes R1 tot en met R8 aan. De 4520 bevat twéé tellers. Hier wordt er slechts één gebruikt. Dat lijkt verspilling, maar CMOS IC's zijn zo goedkoop dat de keuze voor een meer gecompliceerde teller waarvan er maar één in een huisje zit niet handig is. Op het printje zijn tevens een rode en een groene LED D2/D3 gemonteerd, die stuur- en bakboord aangeven. Een blauwe LED D1 geeft de 555 pulsen weer, zodat gevolgd kan worden waar de dansende robot in de telcyclus zit. Tussen pen 2 en pen 6 van de 555 is een draadbrug aangebracht. In deze schakeling moet deze worden aangebracht, maar er zijn ook experimenten (zie hoofdstuk 4/5.1.5 bijvoorbeeld) waar deze draadbrug moet worden verwijderd en waarbij de 555 op pen 2 wordt getriggerd met een extern signaal. De 555 werkt dan als monostabiele multivibrator.
Voor de duidelijkheid zijn de aansluitgegevens van de twee IC's voorgesteld in de figuren 4/5.1.4-9 en -10.

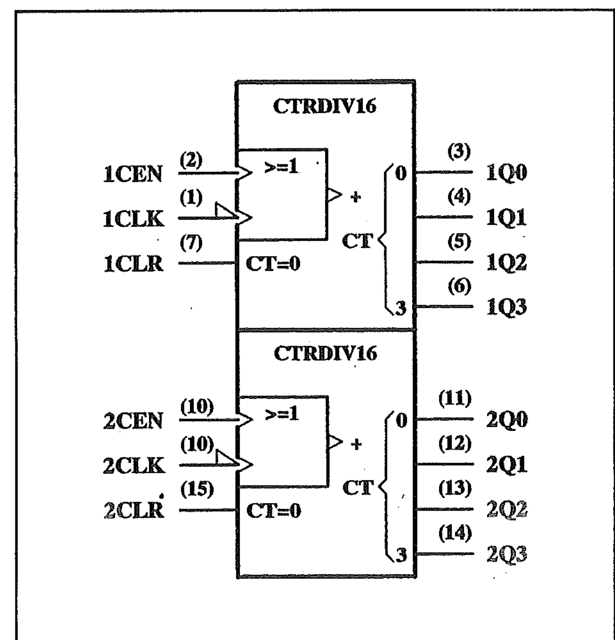
5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.4-8: Het volledig schema van de besturing van de dansende robot.



Figuur 4/5.1.4-9: De aansluitgegevens van de mini-DIL versie van de 555.



Figuur 4/5.1.4-10: Aansluitgegevens en logisch schema van de 4520.

5.1 Een universele robot

ONDERDELENLIJST

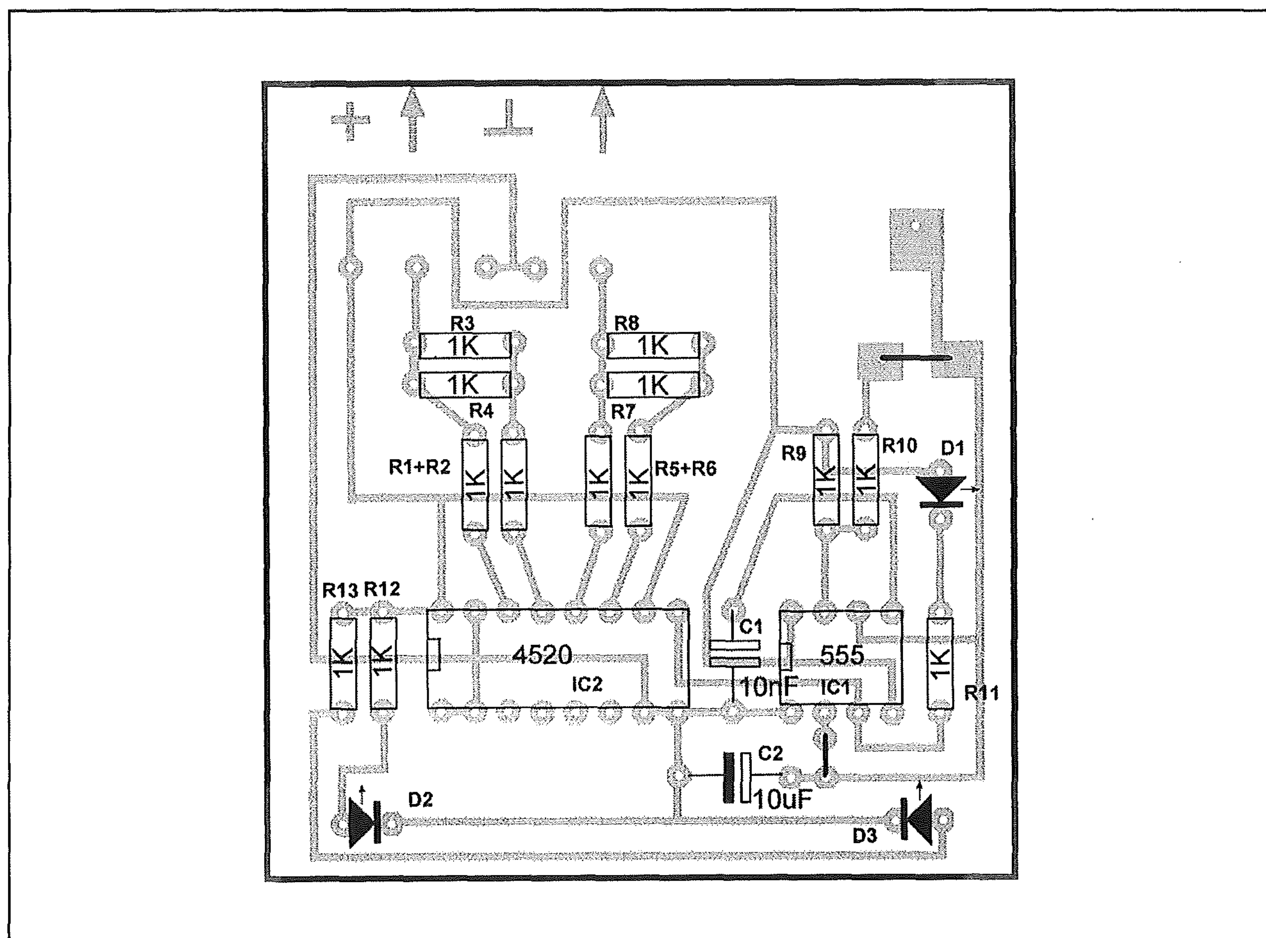
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1-R13	1 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	10 µF 16 V printelco
C2	10 nF MKH
HALFGELEIDERS	
D1	LED, 5 mm rood
D2	LED, 5 mm geel
D3	LED, 5 mm blauw
IC1	555, mini-DIL
IC2	CD4520
DIVERSEN	
1	IC-voetje 8 pennen
1	IC-voetje, 16 pennen
7	printsoldeerlipje

De bouw van de schakeling
De print voor de schakeling is getekend in figuur 4/5.1.4-11 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.1.4-12.
Rechts van C2 zit het draadbruggetje dat bij deze schakelingen de pennen 2 en 6 van de 555 doorverbindt. Zet in de twee gaatjes printsoldeerpennen en verbindt deze met een draadje. Op deze manier kan deze verbinding gemakkelijk worden verwijderd als dit noodzakelijk is. Denk er aan dat pen 2 dan wordt gebruikt voor de externe besturing van de 555. Tussen weerstand R10 en pen 6 van de 555 zit ook een draadbruggetje. Eventueel kan men dit draadbruggetje verwijderen en rechtsboven op de print een liggende instelpotentiometer van 4,5 kΩ en met als afmetingen 10 x 5 mm insolderen. Men kan dan experimenteren met de frequentie van de timer. Vervang dan wél R10 door een weerstand van 220 Ω.

Montage op het loopwerk
De printjes van de hoofdstukken 4/5.1.3 en -4 zijn op twee lange M3 boutjes geschoven die hun verzonken kop aan de binnenzijde van het deksel hebben. Afstandsbusjes voorkomen sluiting. In figuur 4/5.1.4-13 is een impressie gegeven van de compleet gemonteerde dansende robot.

Epiloog
Als dit huisdiertje op eigen beweging door de kamer danst, is al aardig wat bereikt. De mechanica werkt en wordt aangestuurd door de elektronica. Een volwaardig mechatronica-project, dus.
In het volgende hoofdstuk wordt een geluidssensor toegevoegd, waardoor de robot niet meer zijn interne klokritme volgt, maar zijn bewegingen afstemt op het ritme van muziek of handgeklap. Wie de dansende robot in werking wil aanschouwen kan terecht op het internet.

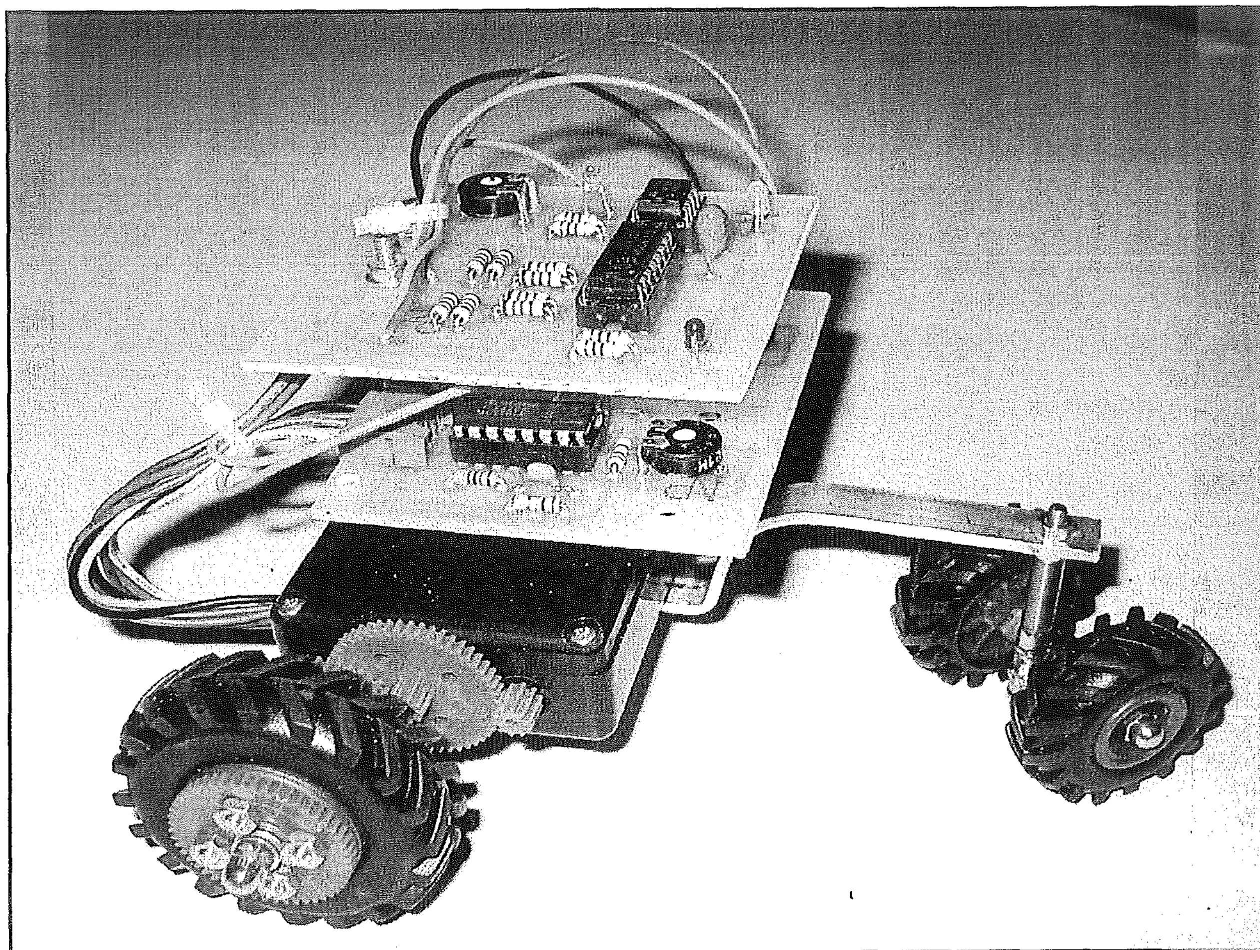
5.1 Een universele robot



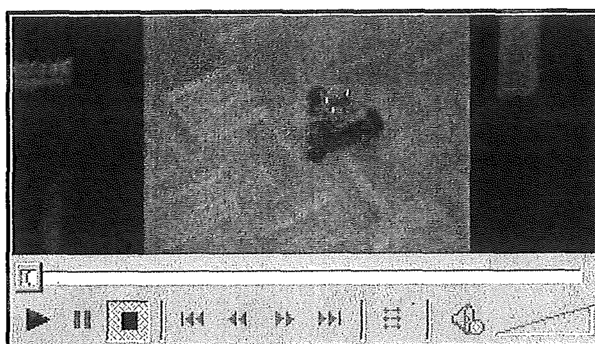
Figuur 4/5.1.4-12: De componentenopstelling van de schakeling.

Uiteraard op de site van "Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek", www.vego.nl/hobby. Op de speciale robot-pagina staat een klein filmpje in MPEG-formaat, zie figuur 4/5.1.4-14.

5.1 Een universele robot

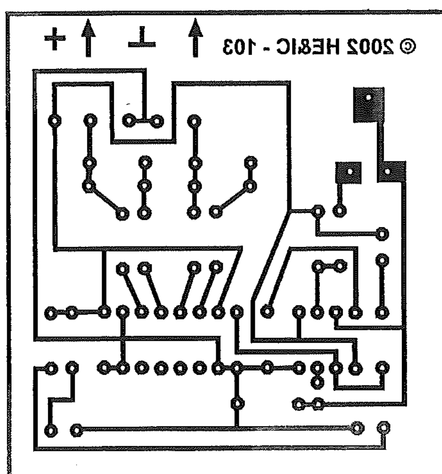


Figuur 4/5.1.4-13: De compleet gemonteerde dansende robot.



Figuur 4/5.1.4-14: De robot in actie op de internet-site www.vego.nl/hobby.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.4-11: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

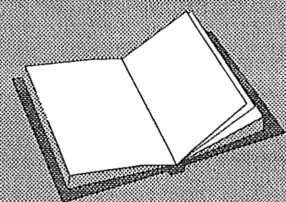
5.1 Een universele robot

4/5.1.5
Robot reageert op geluid

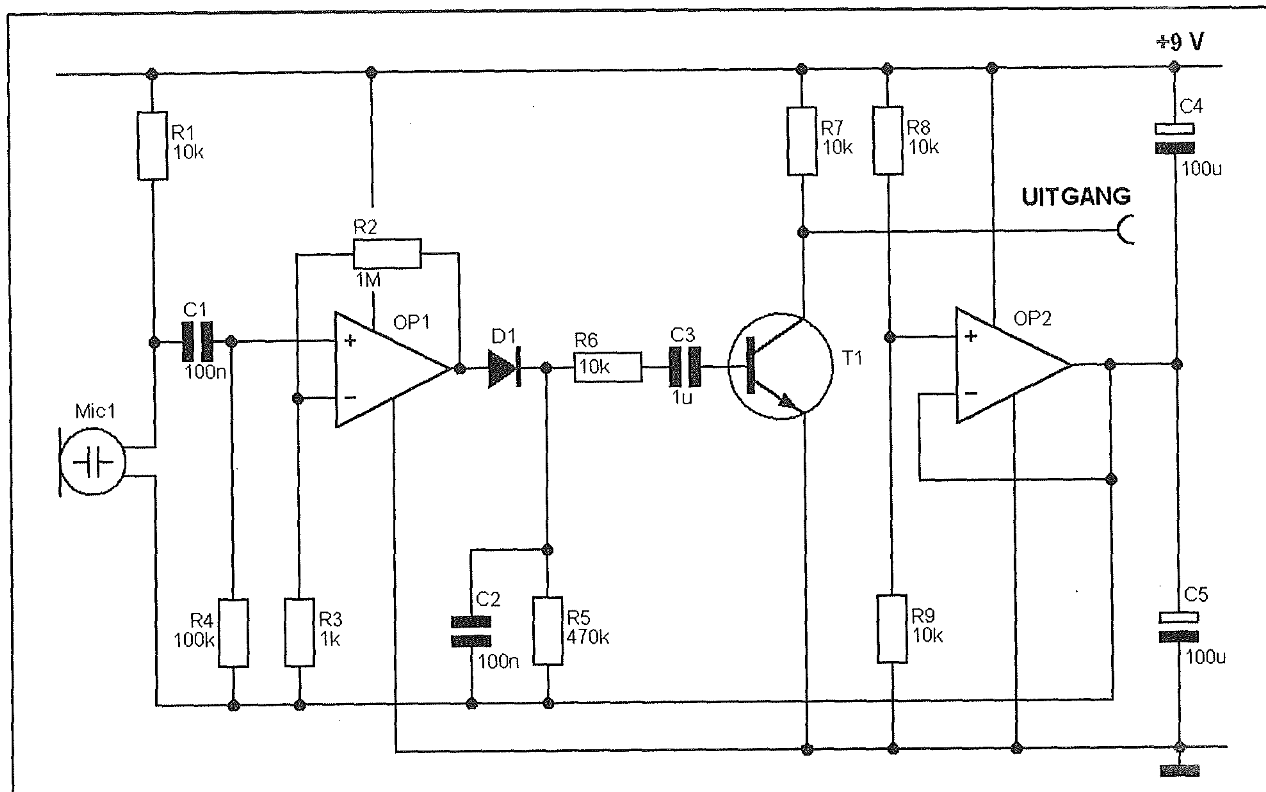
Inleiding
Om een tango te kunnen dansen moet je naar muziek kunnen luisteren, of in ieder geval het ritme ervaren. Een volgend leerzaam project is dus de voorgeprogrammeerde beweging door middel van de 555 en de teller uit hoofdstuk 4/5.1.4 zó uit te breiden dat de robot reageert op muziek. Of, met andere woorden, de bewegingsrichting van de robot verandert als er opeens een krachtig geluid in de kamer weerklinkt. Dat kan muziek zijn, maar het is ook indrukwekkend om de robot te "besturen" met handgeklap.

Het schema
Het uitbreidingsschema is voorgesteld in figuur 4/5.1.5-1. De elektret microfoon Mic1 levert een uitgangsspanning af van ongeveer 10 mV als hij naar het omgevingsgeluid luistert. De weerstand R1 naar de plus zorgt voor de benodigde voorspanning voor de elektret. Het signaaltje van de microfoon wordt capacitief doorgekoppeld naar de versterker. Deze versterker OP1 staat behoorlijk op z'n tenen. Via de terugkoppeling R2/R3 is de gesloten lus versterking ingesteld op 1.000! Vervormt waarschijnlijk lekker, maar dat is in deze toepassing geen probleem. De diode D1 richt het signaal gelijk zodat de condensator C2 opgeladen wordt. De tweede versterker OP2 laat een klassieke truc zien om met één batterij aan een dubbele voedingspanning te komen. De niet-inverterende ingang wordt door middel van de spanningsdeler R8/R9 ingesteld op de helft van de voedingsspanning. Omdat de op-amp is geschakeld als spanningsvolger zal ook de uitgang op die spanning staan. De uitgang vormt dus een virtuele massa, zodat de voeding opgedeeld wordt in -4,5 V en +4,5 V. Het is geen probleem hier de motorvoedingsbatterij te gebruiken. Bij hardnekkige storing kan over de beide voedingselco's C4 en C5 nog een ceramisch condensatortje van 100 nF gesoldeerd worden, aan de koperzijde van de print.
De transistor T1 zorgt voor aanpassing aan het nulsignaal van de reeds beschreven tellerprint.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3



5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.5-1: Het compleet schema van de uitbreidingsschakeling.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R6,R7,R8,R9 .... 10 kΩ
R2 .... 1 MΩ
R3 .... 1 kΩ
R4 .... 100 kΩ
R5 .... 470 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C2 .... 100 nF MKH
C3 .... 1 µF MKH
C4,C5 .... 100 µF 16 V printelco

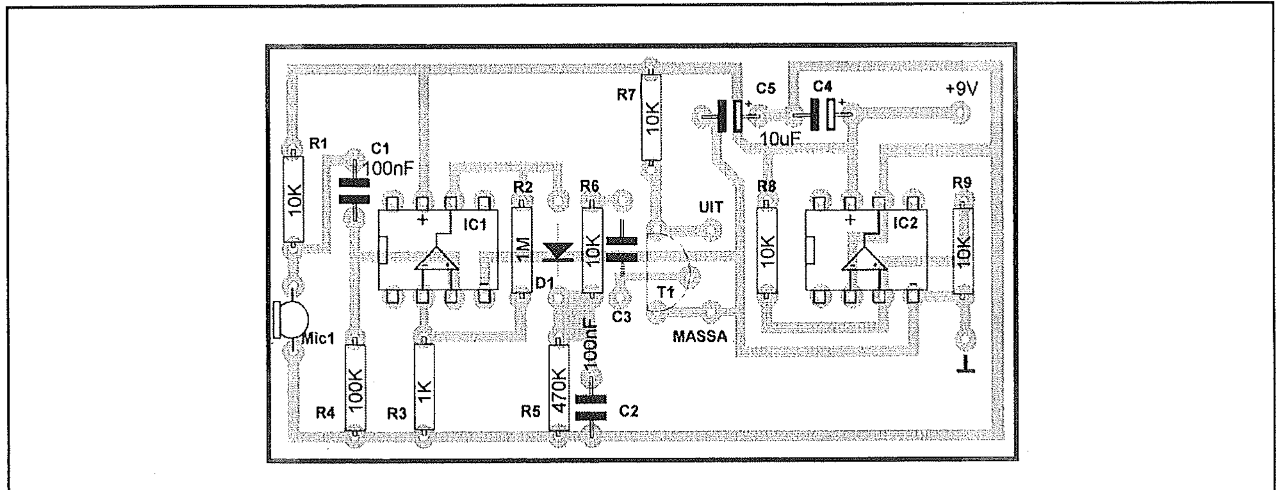
HALFGELEIDERS

D1 .... 1N4148
T1 .... BC107, BC548
OP1,OP2 .... 741, mini-DIL

DIVERSEN

Mic1 .... elektret microfoonkapsel
2 .... IC-voetje, 8 pennen
6 .... printsoldeerlipje

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.5-3: De componentenopstelling van de schakeling.

De bouw van de schakeling

De print voor de schakeling is voorgesteld in figuur 4/5.1.5-2 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.1.5-3.

Integratie in de robot

De uitgang van de print wordt aangesloten op pen 2 van de 555 op de print van hoofdstuk 4/15.1.4. De draadbrug tussen de pennen 2 en 6 op deze print moet verwijderd worden. Uiteraard worden ook de voedingslijnen doorverbonden.

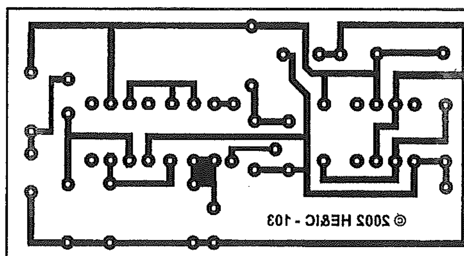
Elke keer als er in de handen geklapt wordt, springt de teller meerdere stappen vooruit. Dit komt omdat het klapgeluid meerdere pulsen kan opleveren. Voor het effect is dit geen bezwaar, wel integendeel. Indien gewenst kan de 555-schakeling zo opgezet worden dat hij een puls geeft van enkele tienden van seconden, zodat de aansturing storingsvrij is.

Epiloog

De geluidsschakeling is leerzaam om enige ervaring op te bouwen met de mogelijke bewegingspatronen die het chassis uit kan voeren aan de hand van stuursignalen. Een robot die naar handgeklap kan luisteren is echter niet erg bijzonder. Reageren op geluid is ook niet echt een robotfunctie. Het is meer een verkapte afstandsbediening en zoals gesteld in de inleiding van hoofdstuk 4/5.1.1 hoort dat niet binnen de definitie waar bij dit project van wordt uitgegaan. Daarom wordt het tijd voor het inbouwen van intelligentie. In de volgende hoofdstukken zal de robot met behulp van sensoren zijn eigen wereld gaan verkennen.

5.1 Een universele robot

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.5-2: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

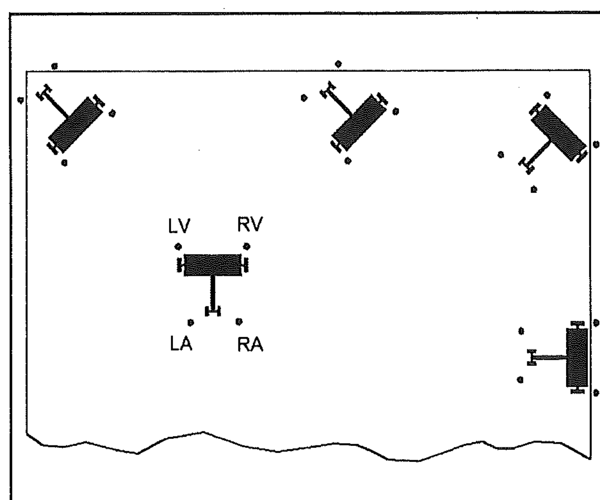
5.1 Een universele robot

4/5.1.6
Robot detecteert tafelrand

Inleiding

Tafelrand detecteren
In de voorgaande hoofdstukken is geïllustreerd hoe een robot door vastgelegde bewegingspatronen geleid kan worden. In dit hoofdstuk wordt een meer gerichte beweging afgedwongen door het activeren van een sensor. Als het allemaal lukt kan de robot zich aan het eind van dit hoofdstuk vrijelijk over een tafel bewegen zonder er af te vallen. Omdat er veel bewegingsmogelijkheden zijn die bewaakt moeten worden, worden vier sensoren geplaatst om te voorkomen dat een wiel zich buiten de tafelrand begeeft.

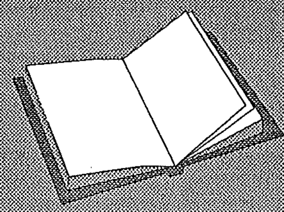
Bewegingen bij de tafelrand
Voor we ons in de bouw van de sensor en de elektronica gaan verdiepen, lijkt het verstandig eens na te denken over het gewenste bewegingspatroon als de tafelrand ontdekt wordt. Alle mogelijkheden zijn geschetst in figuur 4/5.1.6-1.
De vier sensoren worden geïdentificeerd door de codes LV, RV, LA en RA. Afkortingen van de namen LinksVoor, RechtsVoor, LinksAchter en RechtsAchter. De plaats van de sensoren moet zo gekozen zijn dat er een maximale controle over de gewenste beweging bestaat. De voorwielen kunnen niet zijdelings. Het is voldoende ze aan de voorzijde te beschermen.



Figuur 4/5.1.6-1: De mogelijke bewegingspatronen van de robot bij het benaderen van een tafelrand.

De twee sensoren LV en RV worden dan ook iets voor de voorwielen geplaatst. De achterwielen kunnen zich achteruit bewegen, maar ze kunnen ook zijwaarts zwenken.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3



5.1 Een universele robot

LV	RV	LA	RA	LINKER WIEL		RECHTER WIEL		VOERTUIG
				Q1	Q2	Q3	Q4	
0	0	X	X	0	0	0	0	Vooruit
0	1	0	0	0	1	0	0	Rotatie om linker wiel linksom
1	0	0	0	1	1	1	0	Rotatie om rechterwiel linksom
0	0	0	1	0	0	0	1	Rotatie om rechterwiel rechtsom
0	0	1	0	0	1	1	1	Rotatie om linker wiel rechtsom
1	1	0	0	1	1	1	1	Achteruit

Figuur 4/5.1.6-2: Het programmeren van de beweging bij het bereiken van een tafelrand.

Om beide bewegingen af te dekken plaatsen we twee sensoren LA en RA ergens naast en achter de beide wielen.

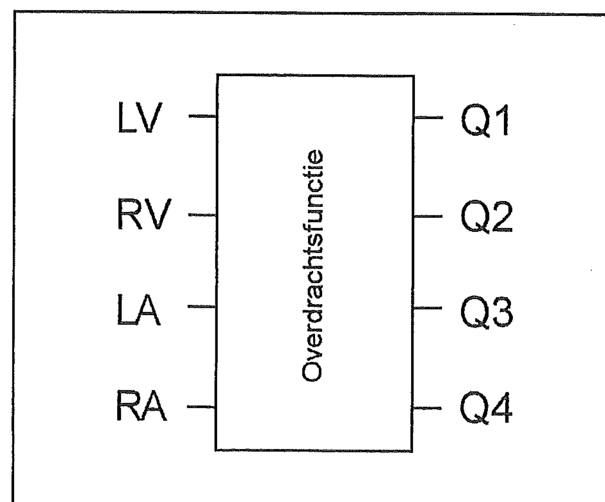
De waarheidstabel

De volgende stap is het opstellen van een waarheidstabel, die aansluit bij de ingangen van de beschreven motorbesturingsprint (hoofdstuk 4/5.1.3) en de daarbij behorende bewegingen. Als linksachter de tafelrand verlaat (positie midden boven), moet het linkerwiel vooruit, terwijl het rechterwiel stil mag blijven staan. Als eerste benadering beschrijven we de beste beweging voor het over de rand gaan van elke cel apart. En vervolgens voor combinaties van twee cellen. We vullen in de linker kolommen van de reeds eerder beschreven bewegingstabel de celstanden in. Hierbij is een "0" in orde maar een "1" een beweging buiten de tafelrand. Het gemakkelijkst is de tabel in te vullen aan de hand van de beweging in de laatste kolom. De regels waarbij het voertuig stilstaat zijn weggelaten. Een pirouette levert ook geen goede ontsnappingsstrategie op. Die mogelijkheden worden óók weggelaten.

We verwijderen in gedachten de tellerprint uit hoofdstuk 4/5.1.4 en leiden een simpele tabel af, aan de hand waarvan we de bewegingen statisch kunnen programmeren, zie figuur 4/5.1.6-2.

De vier linker kolommen geven de uitgangsconditie van de sensoren aan, terwijl de paartjes Q1-Q2 en Q3-Q4 de gewenste wielbewegingen aangeven. Let erop dat de combinatie "0-1" een stilstaand wiel oplevert. "0-0" betekent vooruit en "1-1" staat voor achteruit. Een "X" betekent dat het signaal er niet toe doet.

We kunnen de tabel optimaliseren als we gebruik maken van het feit dat Q1-Q2 "1-0" hetzelfde oplevert als Q1-Q2 "0-1". In beide gevallen staat het wiel stil. Hetzelfde geldt voor Q3-Q4. Met andere woorden, we mogen elke combinatie van een "0" en een "1" omwisselen, zolang we de combinaties "0-0" en "1-1" maar intact laten.



Figuur 4/5.1.6-3: Het logisch probleem van deze schakeling teruggebracht tot de basis.

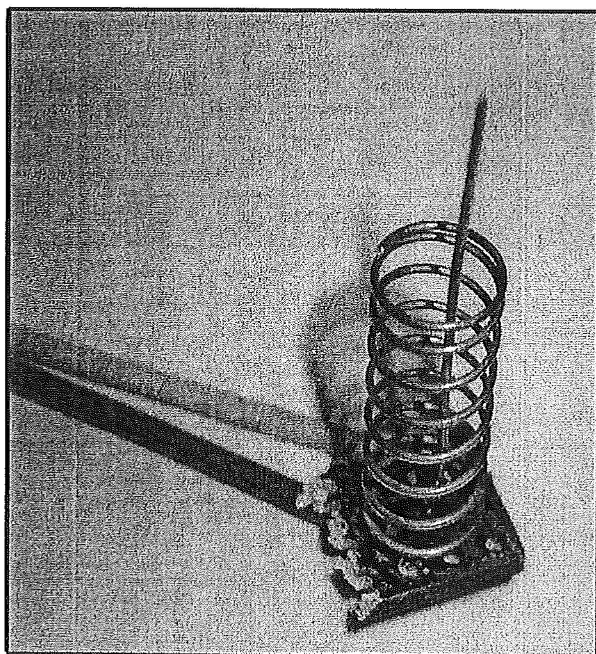
Elektronische vertaling
We moeten dus een schakeling verzinnen die, met de vier linker kolommen als ingangssignaal, op de uitgang de inhoud van de vier rechter kolommen geeft. Blokschematisch kan dit worden voorgesteld door het schema van figuur 4/5.1.6-3.

De sensoren

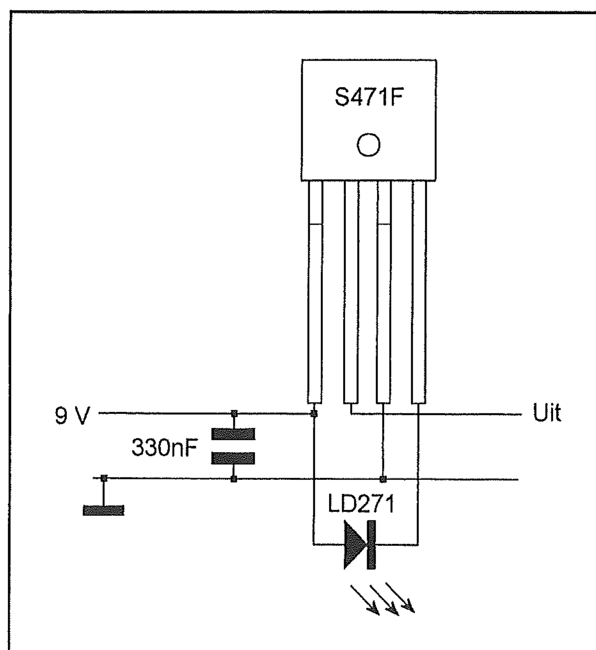
Een mechanische sensor
Een bruikbare mechanische sensor bestaat uit een balpenveertje om een tasterdraad heen, zie figuur 4/5.1.6-4. Als de tasterdraad bewogen wordt, maakt hij contact met de balpenveer. Door de draad als sleepcontact te gebruiken, kan men detecteren of er nog vaste grond is. Als hij contact met de bodem verliest, wordt de schakelaar onderbroken.

De centrale draad dient, evenals de veer, van verenstaal te zijn. Door de sensordraad lang en licht gebogen uit te voeren lijkt hij op een voelspriet van een insect. Een leuke bijkomstigheid!

Een elektronische oplossing
Ondanks de eenvoud van deze contactsensor, wordt in dit hoofdstuk toch gekozen voor een elektronische oplossing. Voor het meten van afstanden wordt meestal ultrasoon geluid gebruikt. Een veel nieuwere techniek bestaat uit een infrarood zender die een pulstrein uitzendt en vervolgens "kijkt" of deze weer ontvangen wordt. Naar beneden gericht ziet de sensor dus of de tafel er nog is, of dat hij zich al boven de afgrond bevindt. De sensor in kwestie is de S471F van Sharp. Hij is niet kieskeurig wat de voeding betreft en werkt tussen 4,5 V en 16 V. De fabrikant adviseert wél een condensator van 330 nF over de voeding te plaatsen.

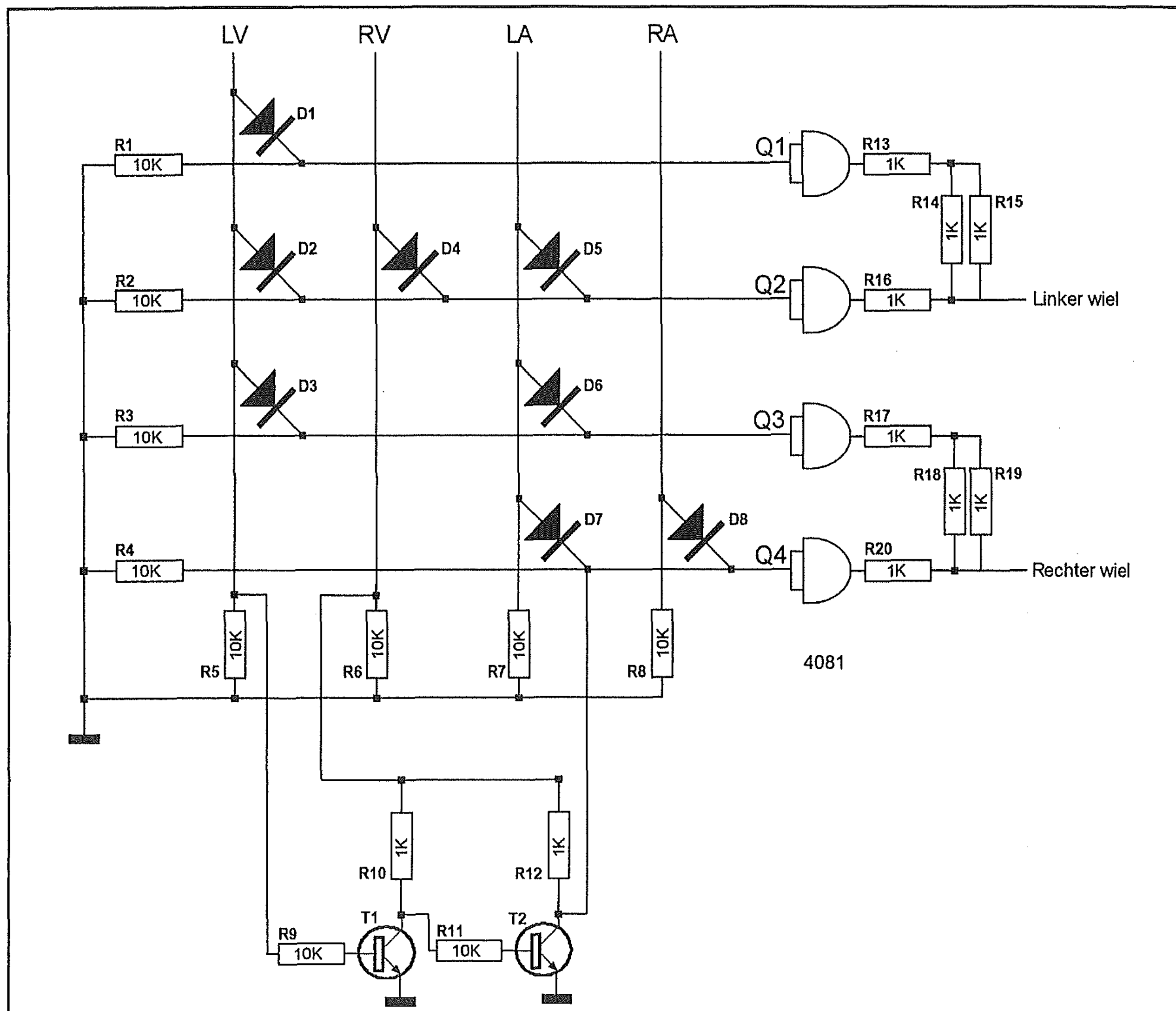


Figuur 4/5.1.6-4: Deze mechanische sensor detecteert het verlies van contact met een vaste bodem.



Figuur 4/5.1.6-5: Het schema van de tafelranddetector.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.6-6: De elektronische vertaling van de waarheidstabel van figuur 4/5.1.6-2.

Deze sensor is een juweeltje voor weinig geld. Sharp heeft dit IC ontwikkeld voor grootschalig gebruik in consumentenelektronica als printers, faxen en dergelijke. Daardoor werd een zeer lage prijs mogelijk gemaakt. Jammer dat de IR-LED niet geïntegreerd is. Die moeten we, samen met de ontstoringscondensator over de voeding, zelf toevoegen. Omdat het IC de LED intern aanstuurt via een stroombron is een serieweerstand niet nodig. Het IC ziet eruit als een transistor met vier pootjes.

Aan de platte zijde bevindt zich een venstertje waarachter de ontvanger zich schuil houdt. Het schema van de sensorschakeling is getekend in figuur 4/5.1.6-5. De sensor stuurt een externe IR-LED (piekgolflengte 940 nanometer) aan. Een gewone LD271 is hiervoor zonder meer geschikt.
Zolang het gereflecteerde pulstreintje waargenomen wordt is de sensoruitgang "0". Zodra de ontvangst wegvalt wordt de sensoruitgang "1". Door deze signaaltechniek is de sensor ongevoelig voor

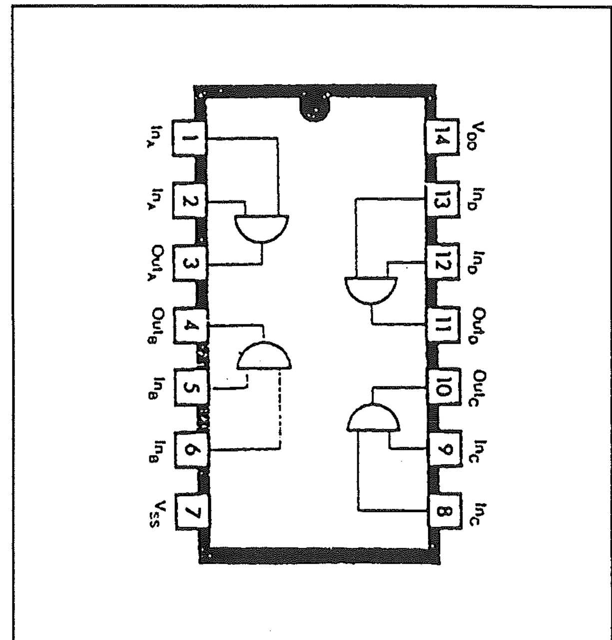
5.1 Een universele robot

lichtstoringen van buiten. Wél moeten het ontvangstvenstertje en de LED-zender natuurlijk niet in elkaars gezichtsveld staan.

De elektronica

Het schema

Met een simpele diode/transistor-matrix kan de tabel van figuur 4/5.1.6-2 in een statische decodering worden omgezet. Het volledig schema van deze "intelligente" besturing is getekend in figuur 4/5.1.6-6.
De matrix van vier horizontale lijnen (de uitgangsspanningen voor de motoren) en de vier verticale lijnen (de uitgangsspanningen van de sensoren) wordt afgesloten met de reeds bekende eenvoudige R-2R digitaal naar analoog omvormer. In deze schakeling is deze DAC uitgevoerd met de vier poorten die in een CD4081 aanwezig zijn. De aansluitgegevens van deze viervoudige AND-poort zijn getekend in figuur 4/5.1.6-7.



Figuur 4/5.1.6-7: Aansluitgegevens van de CD4081.

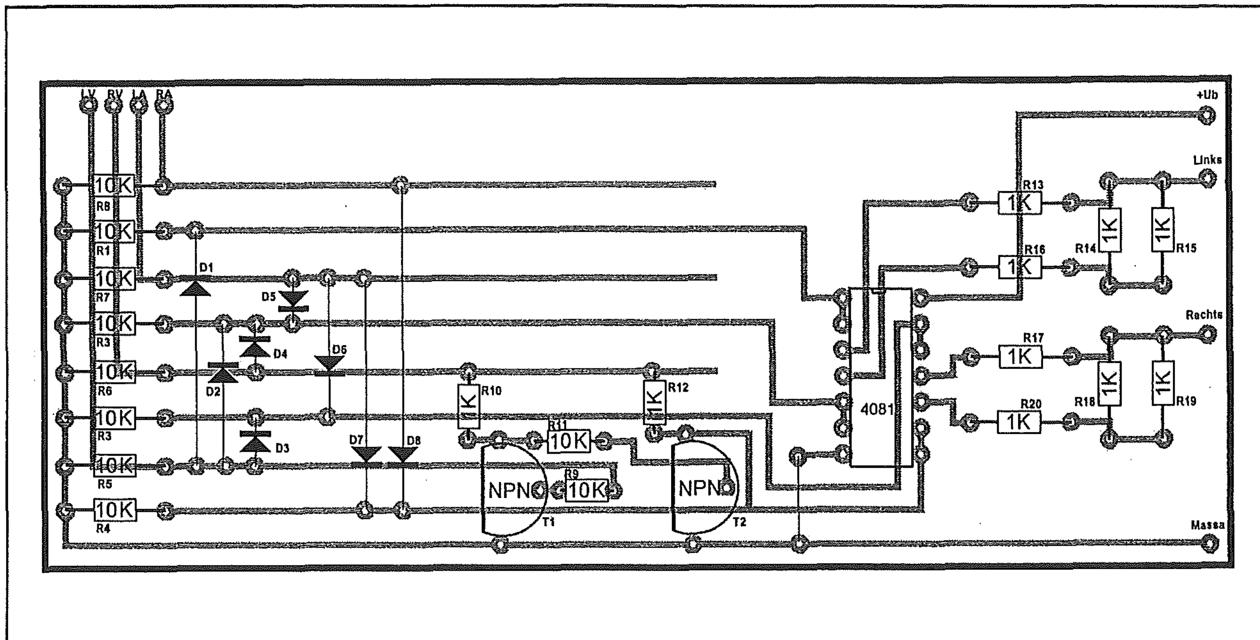
De besturingsprint

Ook hier past alles weer op een printje, zie figuur 4/5.1.6-8 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/5.1.6-9.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 w, 5 %	
R1-R8,R9,R11	10 kΩ
R10,R12,R13-R20	1 kΩ
HALFGELEIDERS	
D1-D8	1N4148
T1-T2	BC107,BC548
IC1	CD4081

5.1 Een universele robot



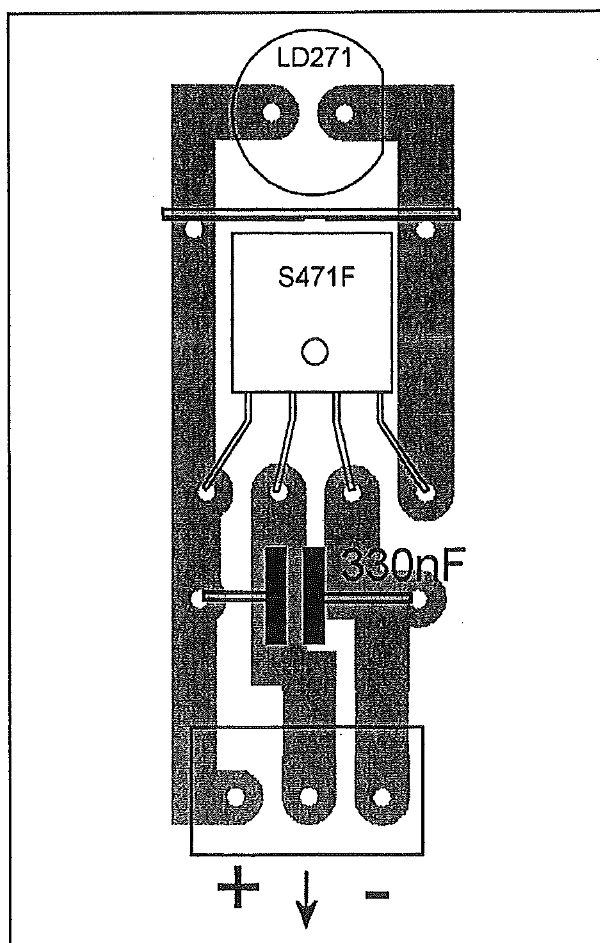
Figuur 4/5.1.6-9: De componentenopstelling van de besturingselektronica.

Als geen sensor aangestuurd is of alleen de achterste twee samen, dan rijdt het voertuig vooruit. Voor de laatste regel hebben we een iets ingewikkelder schakeling nodig. Dat is namelijk de enige conditie waarbij twee sensoren tegelijk signaal afgeven. Deze situatie wordt gedecodeerd door een twee-transistor-schakeling, die door RV onder spanning wordt gezet en dit hoge signaal doorkoppelt naar de ingang van Q4 als LV "1" wordt. Alle lijnen worden door een weerstandje in rust naar nul getrokken. Q1+Q2 en Q3+Q4 sturen weer de laddernetwerkjes aan die we aanvankelijk achter de teller hadden geplaatst. De twee uitgangen sturen rechtstreeks de ingangen van de motorbesturingsprinten uit hoofdstuk 4/5.1.3 aan.

De sensormontage

De drie onderdelen nemen nauwelijks printruimte in beslag. De decoderprint met vier sensoren is zo eenvoudig, dat overwogen kan worden het geheel op gaatjes-board op te bouwen. Als er toch een print gemaakt wordt is het onhandig de sensorprintjes apart te etsen. Op de printtekening van figuur 4/5.1.6-10 zijn er vier gecombineerd. Omdat de print uitsteekt en onderhevig kan zijn aan stoten, is hij stevig uitgevoerd. Bovendien is extra ruimte aanwezig waarmee men de print op het chassis kan bevestigen. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/5.1.6-11. De draden lopen via een driepolige printconnector. Het vreemde onderdeel tussen het IC en de LED is een stukje printplaat waarvan het koper in het midden is onderbroken om kortsluiting te voorkomen. De LED reflecteert zoveel licht naar alle zijden dat dit schotje absoluut noodzakelijk is. De onderbreking van de koperlaag wordt afgeplakt met zwarte tape of, als dat bij de hand is, voorzien van een kwastje zwarte verf. Het gedeelte van het schotje zonder koper laat namelijk zoveel IR-licht door dat overspraak onvermijdelijk is. Hoe de vier sensorprintjes onder het chassis van de robot worden bevestigd blijkt uit de foto van figuur

4/5.1.6-12. De foto laat een eenvoudige oplossing zien. Een kunststof plaatje met uitsparingen voor de wielen geeft voldoende flexibiliteit, ook voor het monteren van toekomstige uitbreidingen. Door gaatjes in het platform te boren, kan de bedrading bovendeks gevoerd worden. De kans dat draden tussen de tandwielen komen is dan minimaal. Het voertuig op de foto is nog niet in die fase van montage. Het moge duidelijk zijn dat we tegen de onderzijde van het voertuig aankijken.



Figuur 4/5.1.6-11: De componentenopstelling van een van de vier sensorprintjes.

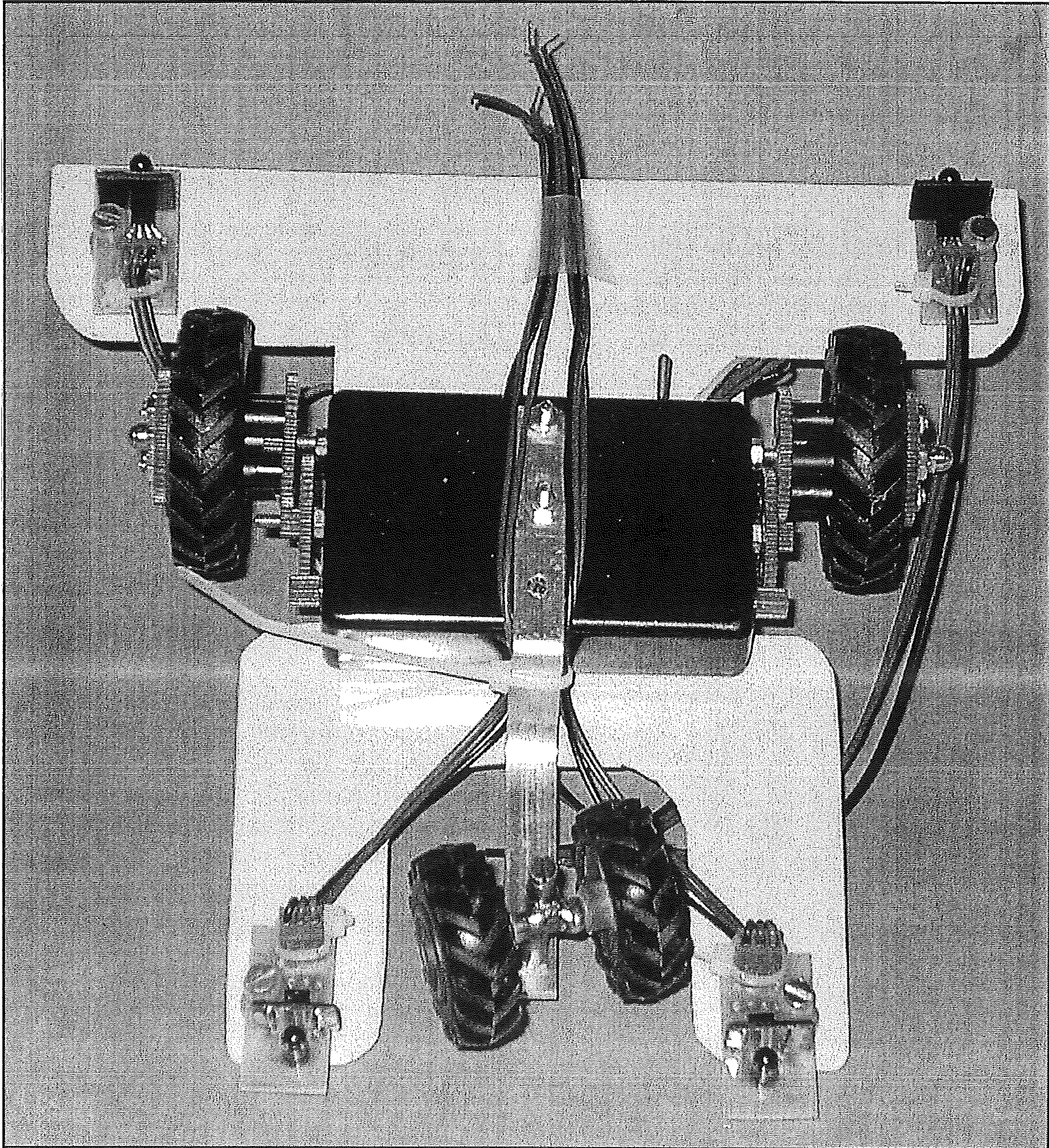
Uit de praktijk is gebleken dat een klein vuiltje al roet in het eten kan gooien. Als de robot zich als een lemming over de tafelrand stort, kan het nuttig zijn de sensoren op vuil te controleren. Het kan ook zijn dat het IR-licht via reflectie de sensor bereikt. Een goede afscherming van de lichtbron is echt noodzakelijk.

Epiloog

Onze robot lijkt al aardig compleet. Vier sensoren en een decoderprint zorgen voor de gewenste reactie als de tafelrand op welke manier dan ook bereikt wordt. Nog een klein probleempje moet worden opgelost. Zoals de robot nu geconfigureerd is zal hij bij het randje van de tafel ervoor zorgen dat hij van de afgrond wegrijdt. De sensor ziet dan weer vaste grond onder zich en de robot rijdt onmiddellijk weer vooruit. We zullen dan ook enige vertraging moeten inbouwen zodat het loopwerk een terugtrekkende beweging maakt van voldoende omvang. Die vertraging zit al in de motor stuurprint ingebouwd... Afhankelijk van de reactiesnelheid van het onderstel, dus eigenlijk de overdrachtsfunctie tussen de motor-as en de wielen, kan de vertragingscondensator op de motor stuurprint aangepast worden.

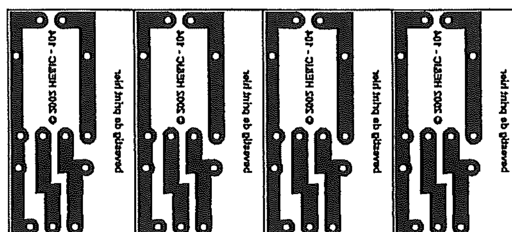
Plaats de sensoren op voldoende afstand van de wielen. Dat geeft het voertuig de gelegenheid op tijd tot stilstand te komen. Vervolgens zal ongetwijfeld de vraag rijzen of het geheel steeds opnieuw weer gesloopt moet worden als de batterij aan vervanging toe is. Zowel de elektronica printen, het montagedek en het kastdeksel moeten daarvoor los. Het antwoord op deze vraag is ontkennend. We maken de robot zo intelligent dat hij zélf voor zijn voeding zorgt. Hoe, dat zien we in het volgende hoofdstuk.

5.1 Een universele robot

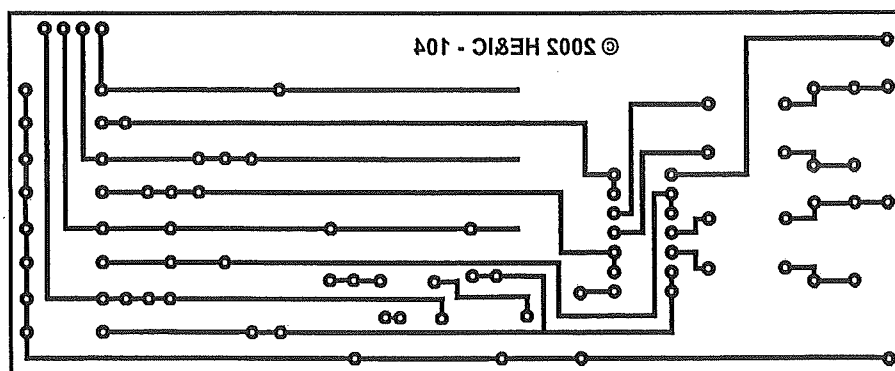


Figuur 4/5.1.6-12: De montage van de vier sensorprintjes op de onderzijde van het chassis van de robot.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.6-10: De sensorprint voor de schakeling.



Figuur 4/5.1.6-8: De besturingsprint voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

4/5.1.7

Robot laadt zichzelf op

Inleiding

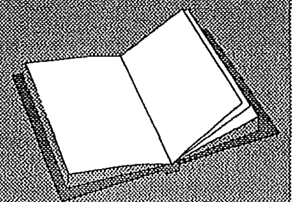
Het betere werk
In de voorgaande hoofdstukken hebben wij vrij volledig uitgewerkte projecten aangeboden. Nabouwen, aansluiten en het werkt. Dit wordt vanaf nú anders. In dit hoofdstuk geven wij u bijvoorbeeld een idee hoe u de robot kunt voorzien van "ogen".
Als voorbeeld worden deze "ogen" gebruikt voor het opzoeken van een laadstation voor de accu van de robot. Maar u kunt het geschetste principe natuurlijk voor een heleboel andere toepassingen gebruiken. U zou bijvoorbeeld via LED's een "route" kunnen uitzetten op de vloer en de robot deze route laten zoeken en volgen. Het beschreven principe is ook hiervoor bruikbaar, maar u zult uw eigen fantasie moeten aanspreken om een en ander naar een praktisch bruikbaar systeem om te zetten.

Elektronica als richtlijn
Vandaar dat u de beschreven elektronica eerder als richtlijn dan als kant-en-klare nabouwoplossing moet opvatten. Bepaalde basiszaken weet u inmiddels al. U weet hoe u uit vier digitale signalen Q1 tot en met Q4 de twee stuursignalen voor de motoren moet afleiden. Lees hoofdstuk 4/5.1.4 er nog maar eens op na. Dergelijke basale zaken komen nu niet meer aan de orde.

Batterijen vervangen door NiCad's
Een beetje robot zoekt zijn eigen kostje op als hij honger krijgt. Hij moet dan wel ingewanden hebben die hem in staat stellen voedsel op te nemen. Bij een robot is dat eenvoudig. We halen de 9 V blokcel eruit en vervangen die door een oplaadbaar type. In dit hoofdstuk gaan we uit van een gewone NiCad. Verder hebben we een externe lader nodig waaraan de robot zijn honger kan stillen. Als we die zaken opgelost hebben, bespreken we hoe de robot uit eigen beweging op zoek gaat naar zijn voedselbron.

NiCad laden
Het laden van een NiCad is geen simpele zaak. De laadcurve is complex en een automatische lader die de laadtoestand van de NiCad in de gaten houdt en de

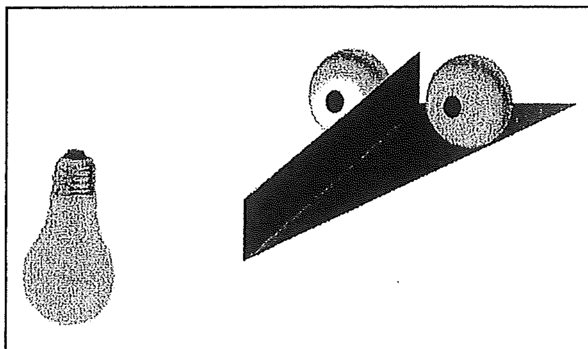
LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.4



laadstroom aanpast vraagt al gauw om een ingewikkelde schakeling. Hoewel interessant, zullen we in dit boek geen geavanceerde lader ontwikkelen. We grijpen terug naar een alternatief. Een NiCad wordt over het algemeen geladen met een laadstroom die ongeveer een kwart van zijn capaciteit is. Een 9 V blokcel heeft een capaciteit in de buurt van 120 mAh. De laadstroom mag dan ongeveer 30 mA bedragen. Door een weerstand in serie met de laadspanning te zetten, begrenzen we de stroom op die waarde.

Licht als lokmiddel

We gebruiken infrarood licht als lokaas voor de robot. Zodra een IR-LED brandt, zal de robot zich een weg naar deze lichtbron zoeken. Om die taak goed uit te kunnen voeren geven we hem een paar "ogen", zie figuur 4/5.1.7-1.



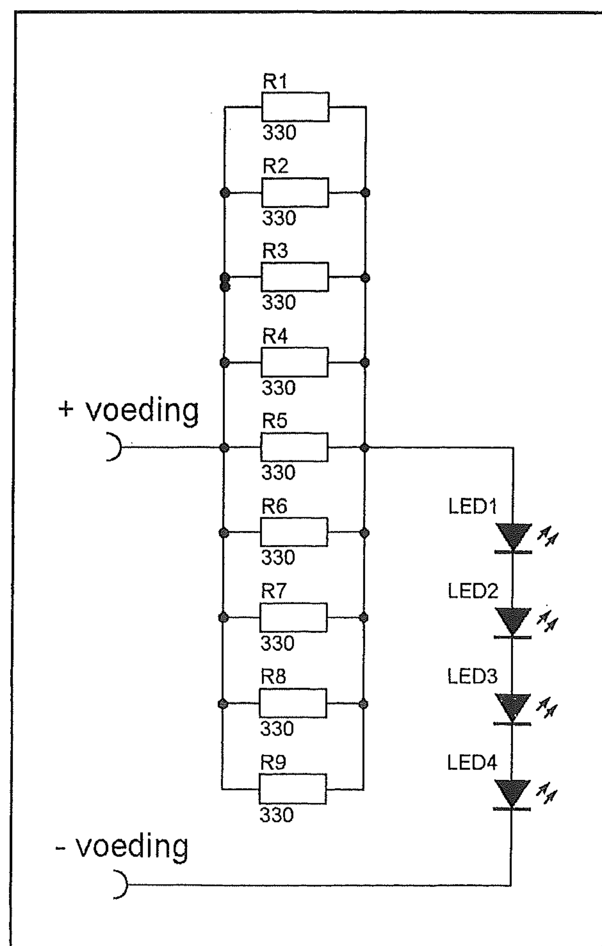
Figuur 4/5.1.7-1: Door de robot uit te rusten met twee "ogen" kan hij op zoek gaan naar de lichtbron.

Door een schotje tussen de ogen te plaatsen kan hij de positie van de lichtbron inschatten. In de figuur ziet alleen het rechter oog licht. Het linker oog valt in de schaduw. Dat is voor de robot het signaal iets naar rechts bij te sturen. Door overshoot zal de robot zich enigszins waggelend naar de lichtbron begeven. De schakeling die dit alles verzorgt bestaat uit weinig meer dan twee infrarood transistoren en een eenvoudige zender.

Het principe

Het basisstation

Om de ontvanger eenvoudig te houden stoppen we wat meer energie in de zender.
We gebruiken vier in serie geschakelde hoogvermogen IR-LED's van 375 mW/sr bij 250 mA, zie figuur 4/5.1.7-2.



Figuur 4/5.1.7-2: De robot wordt naar het basisstation gelokt door het licht dat door vier IR-LED's wordt uitgestraald.

5.1 Een universele robot

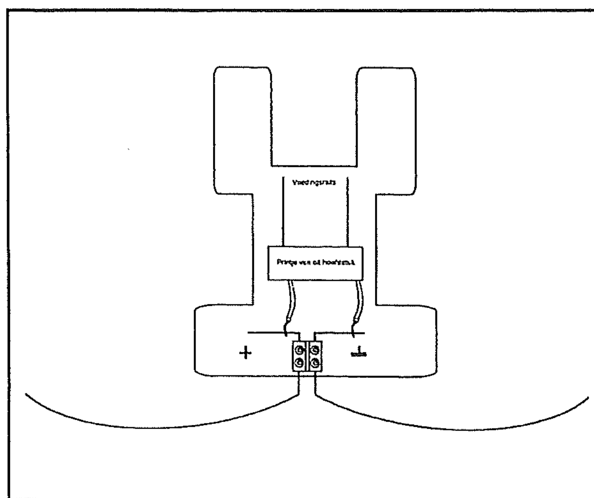
De stroom door de hoogvermogen LED's is 250 mA. Dat is wat de voeding betreft geen probleem. De zender is immers onderdeel van het "grondstation" dat uit het net wordt gevoed. De negen weerstanden zijn normale kwart watters. Die kunnen uiteraard ook vervangen worden door één 2 W weerstand van 36 Ω.

Het laadstation

De "zender" oftewel het laadstation verdient nog enige aandacht. Als we vier uur willen laden kunnen we een elektronische tijdvertraging bouwen met heel grote elco's of een aantal digitale tellers. Veel eenvoudiger is een simpele schakelklok zoals ze tegenwoordig al voor minder dan EUR 6,00 in de bouwmarkten te koop zijn. Een 9 V netsteker van 500 mA completeert het geheel. Als de netsteker een andere spanning afgeeft, moet de serie weerstand van de zender-LED's evenredig aangepast worden. We maken de zender vier uur actief en zetten hem dan een tijdje uit.
In de tijd dat de zender geen licht geeft scharrelt de robot wat rond. Zodra de accu leeg begint te raken moet hij aan de voeding. De lengte van het "speelkwartier" is sterk afhankelijk van de motorstromen en de accuconditie. De speeltijd moet dan ook éénmalig bepaald worden. Het kan dus zijn dat de robot een half uur rondscharrelt en vier uur lang eet. Deze verhouding lijkt niet erg gunstig, maar het diertje kan dit ritme heel erg lang volhouden. We moeten wel nog het bestek aanreiken. Zonder bestek geen maaltijd.

Het contact

De robot is bedoeld als een echt experimenteerplatform. Verschillende printen worden eraan gehangen die allemaal voeding nodig hebben. Door een soort voedingsrail te maken lossen we een aantal problemen in één keer op. Een kroonsteentje komt aan de voorkant op de montageplaat waarop de vier tafelrandsensoren zich bevinden. Aan de achterzijde komen twee stukjes dik montagedraad die als voedingsrail dienen, terwijl aan de voorzijde twee voelsprieten komen. Die kunnen het best uit verenstaal gemaakt worden, zie figuur 4/5.1.7-3. De voelsprieten dienen als bestek. Door het laadstation met dergelijke identieke sprieten uit te rusten, maar dan verticaal, kan de robot contact maken met zijn maaltijd.



Figuur 4/5.1.7-3: Twee "voelsprieten" uit verenstaal worden aan de voorzijde van het robotchassis bevestigd en maken contact met twee identieke sprieten aan het laadstation.

De twee voelsprieten worden aangesloten op de ingang van het printje dat in dit hoofdstuk wordt besproken. De twee voedingsrails worden verbonden met de uitgang van het printje. De twee accudraden worden rechtstreeks op de voedingsrail gesoldeerd. Hetzelfde doen we met de voedingsdraden van alle gebruikte en nog te gebruiken printjes.

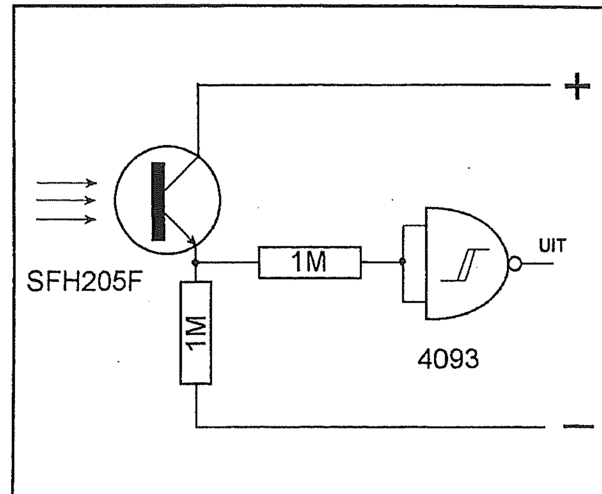
5.1 Een universele robot

De ontvanger

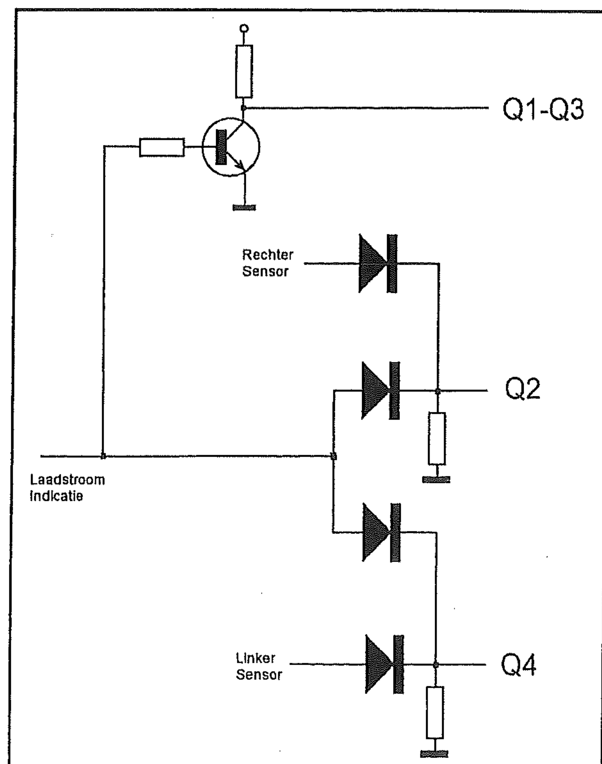
Het principe

Het principe van de ontvanger is de eenvoud zelve, zie figuur 4/5.1.7-4. Een infrarood gevoelige transistor van het type SFH205F vangt het licht van de LED's op. Als er voldoende licht op de transistor invalt gaat deze volledig geleiden en staat de voedingsspanning over de weerstand van 1 MΩ. We bouwen de ontvangerschakeling twee maal. Door te kiezen voor het type SFH205F krijgen we een ingebouwd daglicht filter cadeau. Hierdoor wordt het geheel minder beïnvloed door omgevingslicht. Een MOS-IC met schmitt-trigger NAND-poorten maakt logische nullen en enen van het ontvangen signaal. De twee overgebleven poortjes worden niet gebruikt. De ingangen worden aan massa gelegd. Let wel, de uitgang is laag als de ontvanger licht ziet. Uiteraard moeten we vervolgens weer een logische schakeling ontwerpen, die uit de twee signalen van de "ogen" op de juiste manier de vier digitale signalen Q1 tot en met Q4 afleidt voor het besturen van de twee motoren. Als laadspanning geconstateerd wordt, is het zaak dat de robot stil blijft staan. Dat betekent dat de motorprint stuuringangen Q1 en Q2 tijdens het laden ongelijk moeten zijn. Hetzelfde geldt voor Q3 en Q4. Als de linker IR-ontvanger licht ziet, maar de rechter niet, dient het voertuig zich naar links te bewegen. Zodra laadstroom gedetecteerd wordt gaat de robot op de plaats rust. Ziet geen van de cellen licht, dan is de voeding niet meer actief en kan de robot over gaan tot de orde van de dag.

Hiervoor kan weer op de reeds bekende manier een waarheidstabel worden opgesteld, zie figuur 4/5.1.7-5.



Figuur 4/5.1.7-4: Het basisschema van een "oog" van de robot.



Figuur 4/5.1.7-6: De diodematrix die de waarheidstabel tot leven wekt.

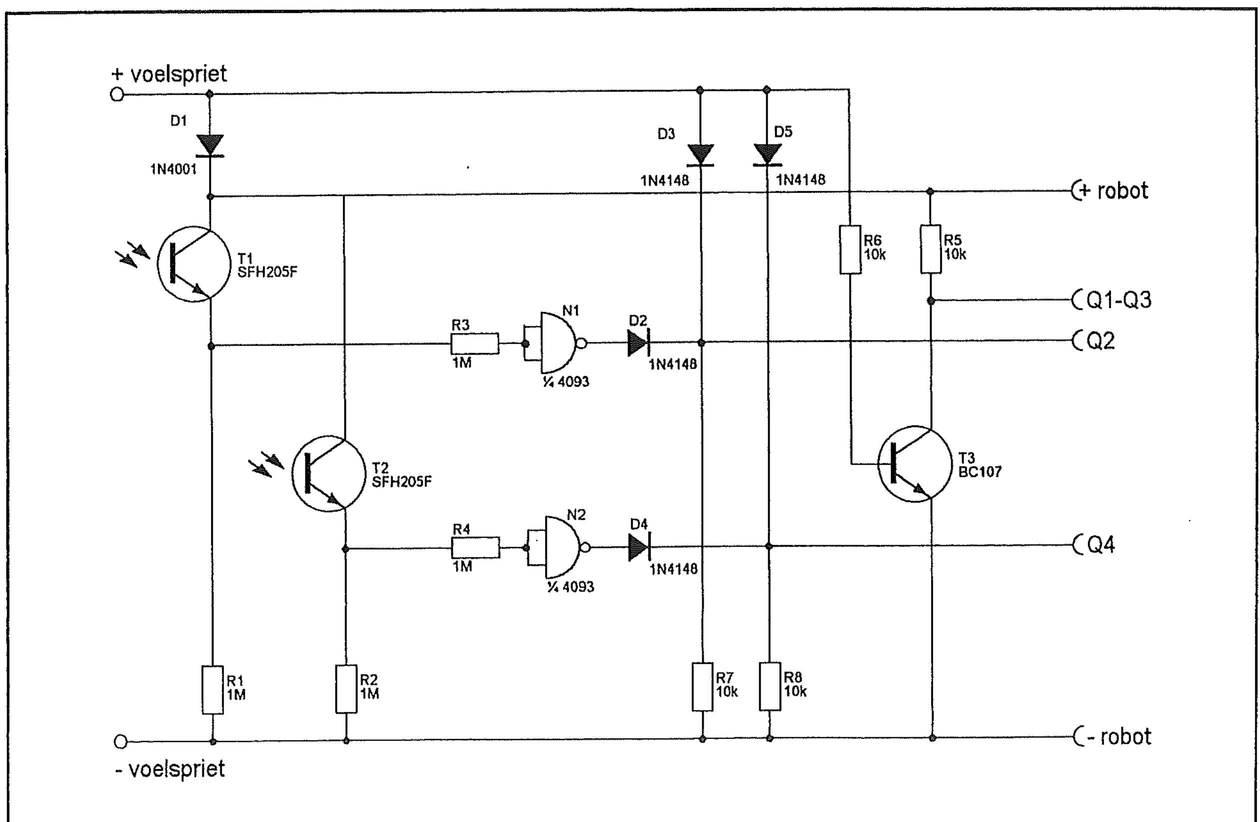
De logica

Een schakeling die bovenstaande tabel tot leven brengt is eenvoudig, zie figuur 4/5.1.7-6.

5.1 Een universele robot

LS	RS	LADEN	LINKERWIEL		RECHTERWIEL		VOERTUIG
			Q1	Q2	Q3	Q4	
0	0	0	0	0	0	0	Vooruit
0	1	0	0	1	0	0	Rotatie om linker wiel linksom
X	X	1	0	1	0	1	Stilstand
1	0	0	0	0	0	1	Rotatie om rechterwiel rechtsom

Figuur 4/5.1.7-5: De waarheidstabel voor de besturing van de twee motoren.



Figuur 4/5.1.7-7: Het volledig schema van de toegepaste elektronica.

We passen, zoals we eerder gedaan hebben, weer een statische manier van programmeren toe. Een viertal dioden en wat weerstanden om de schakelingangen Q1 t/m Q4 laag te houden is alles dat we nodig hebben. Let wel, de linker en rechter sensor zijn laag als ze actief zijn, terwijl de laadindicator een hoog signaal af dient te geven als er laadstroom gedetecteerd wordt.

Als het licht wegvalt, en daarmee ook de laadstroom, zijn alle Q-uitgangen hoog en de robot rijdt achteruit om zich van de lader te verwijderen.

5.1 Een universele robot

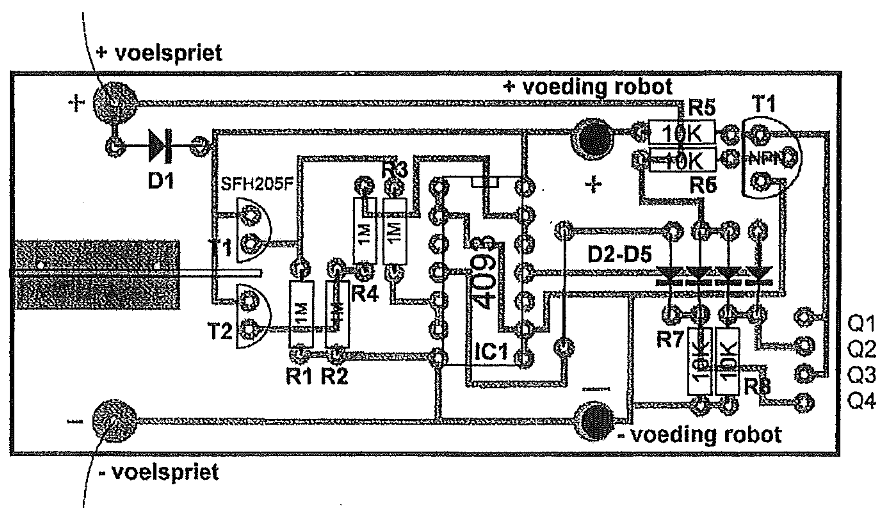
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R2,R3,R4	1 MΩ
R5,R6,R7,R8	10 kΩ

HALFGELEIDERS

D1	1N4001
D2-D5	1N4148
T1,T2	SFH205F
T3	BC107, BC548
N1,N2	CD4093



Figuur 4/5.1.7-9: De componentenopstelling voor de print.

De elektronica

Het schema

De volledige elektronica is samengevat in figuur 4/5.1.7-7. De vier uitgangen Q1 tot en met Q4 moeten met de reeds vaker toegepaste R-2R schakeling omgezet worden in besturingssignalen voor de twee motorprinten. Deze R-2R netwerken zijn niet op de print aanwezig, omdat we in het volgende hoofdstuk een elektronische omschakelaar bespreken die wordt gestuurd door de Q-uitgangen. Als u die omschakelaar nabouwt moet de R-2R om-

zetter op de uitgang van de elektronische omschakelaar worden aangesloten. Als u de print zelfstandig gebruikt, moet u de weerstandjes even als "spinnenweb" achter de print zetten.

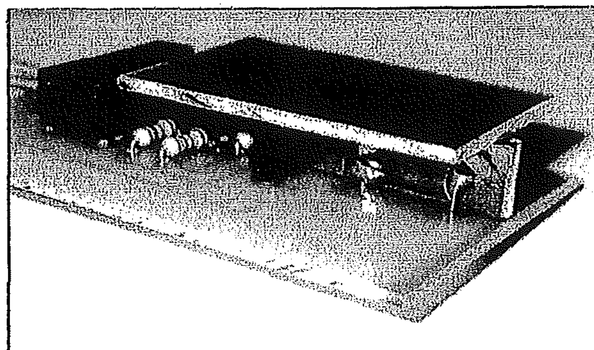
De bouw

Ook voor deze schakeling is weer een print ontworpen, zie figuur 4/5.1.7-8 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.1.7-9. Op de print is een kopervlakje aangebracht, zie de foto van figuur 4/5.1.7-10. Loodrecht hierop, precies tussen de IR-transistoren, wordt een stukje printplaat met twee draadjes vastgesoldeerd, precies zoals we al eerder deden bij het afschermen van infrarood licht sensoren. De schakeling hoort tot op ongeveer een halve meter probleemloos te reageren. Eventueel kan de waarde van de beide 1 MΩ weerstanden naar de massa verhoogd worden om de gevoeligheid te verhogen. Afhankelijk van de hoeveelheid invallend vreemd licht kan tot een weerstandswaarde van 10 MΩ gegaan worden. Wel moeten de ontvangsttransistoren in dat geval goed afgeschermd worden.

Hiertoe kan op het lichtschot een stukje printplaat gesoldeerd worden, evenwijdig aan de print. Zo ontstaat een goede afscherming voor van boven invallend licht.

Epiloog

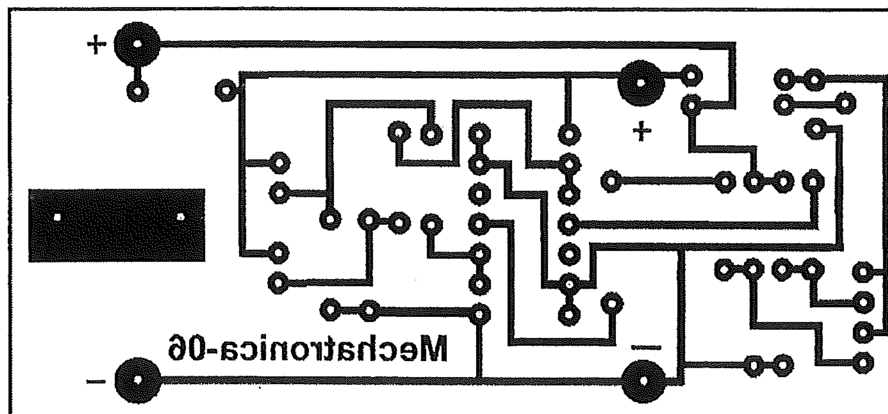
We kunnen de laadcyclus het best eerst uitvoeren zonder dat de tafelrand detectorprint aangesloten is. We maken, onafhankelijk van de tafelrand detector, een opstelling die de robot naar de voeding dirigeert. In het volgend hoofdstuk zullen we beide functies combineren.



Figuur 4/5.1.7-10: De afscherming rond de twee IR-gevoelige transistoren.

5.1 Een universele robot

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.7-8: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

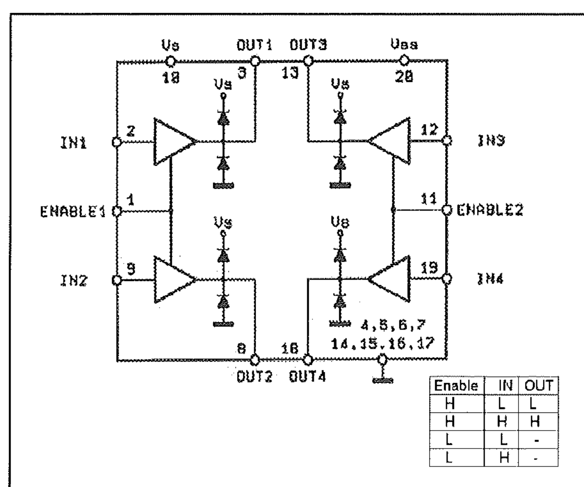
5.1 Een universele robot

4/5.1.8

Een alternatieve motorbesturing

Inleiding

De projecten in hoofdstuk 4/5.1 zijn gebaseerd op een motorbesturing die gebruik maakt van het IC TLE4206. Hoewel deze bouwsteen prominent aanwezig is in de 2003 catalogus van Conrad, blijkt de verkrijgbaarheid problemen op te leveren. De zoektocht naar een minstens zo goed alternatief leverde een nieuw IC op, speciaal bedoeld voor aandrijving van stappenmotoren.



Figuur 4/5.1.8-1: Intern schema en aansluitgegevens van de L293D.

De L293D (Conrad bestelnummer 17.40.03-44, telefoon 053-428.54.90) bevat vier kanalen waarvan de uitgang de ingang volgt, zie figuur 4/5.1.8-1.

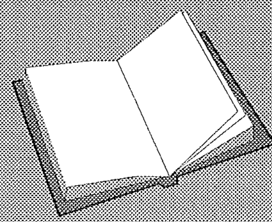
Door een motor aan te sluiten tussen twee uitgangen, kan de draairichting bepaald worden door op de ingangen een logisch signaal aan te bieden. Als beide signalen hoog of laag zijn, staat de motor stil. Als de ingangen verschillend zijn, bepaalt de polariteit de draairichting. De enable-ingangen worden niet gebruikt, die worden aan de plus gelegd. Kan het, zie figuur 4/5.1.8-2, eenvoudiger?

Inpassen in het systeem

De aansturing van deze schakeling vraagt een kleine vereenvoudiging van de in hoofdstuk 4/5.1.3 beschreven schema's. Alle weerstanden (tien stuks) die het R-2R netwerk vormen worden weggelaten. De uitgangen Q1 tot en met Q4 worden rechtstreeks verbonden met de ingangen van de L293D.

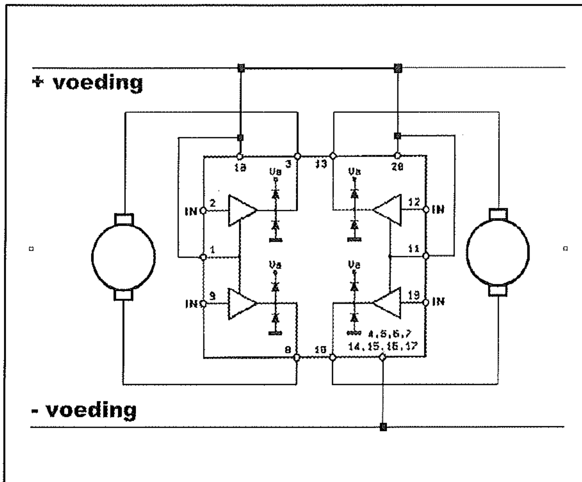
LEES OOK:

Hoofdstuk 4/5.1.3

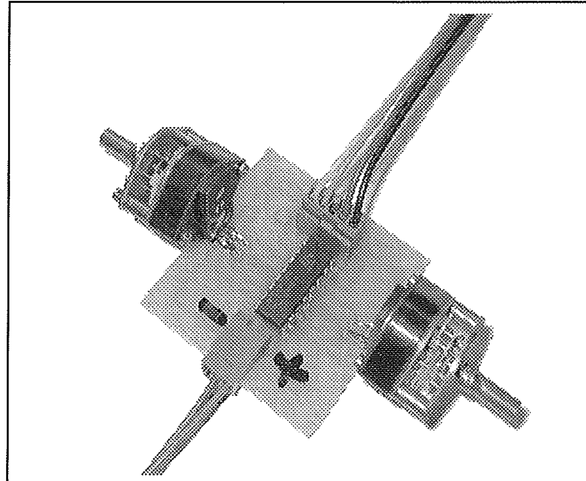


5.1 Een universele robot

Het IC biedt de mogelijkheid de motoren en de logica apart te voeden. In dit geval is daar geen gebruik van gemaakt. Het kan natuurlijk wel.



Figuur 4/5.1.8-2: Het besturen van de twee motoren van de robot uit één L293D.



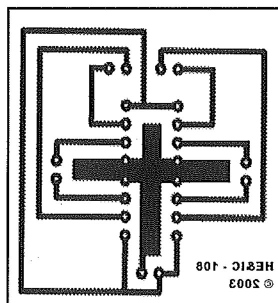
Figuur 4/5.1.8-4: De nieuwe motorbesturingsprint in de praktijk.

De nieuwe print

Ook het printje, zie figuur 4/5.1.8-3, is kinderspel. Met "Abacom Sprint Layout" (zie de site van de uitgever, www.vego.nl/abacom/02/02.htm) vraagt het ontwerp niet meer dan enkele minuten. Een afdruk met een inkjet printer op transparant materiaal levert direct de goede schaal op. De foto van figuur 4/5.1.8-4 laat het eindresultaat zien, in dit geval voorzien van twee miniatuurmotortjes met vertraging.

Zoals de datasheet laat zien levert het IC 600 mA per kanaal. Vandaar dat de voedingsaarde op de print voorzien is van de mogelijkheid er een koeloppervlak aan te solderen.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.8-3: De print van de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

4/5.1.9

De robot krijgt µP-hersens

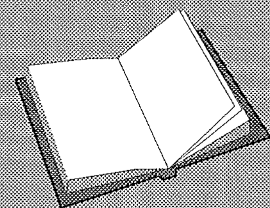
Inleiding

Intelligentie in BASIC
De voorgaande hoofdstukken vroegen enige handigheid op mechanisch gebied. Vanaf nu beperkt die vaardigheid zich voornamelijk tot het boren van gaatjes en het vastschroeven van onderdelen. Na de vorige hoofdstukken niet iets om echt bang voor te zijn. De belangrijkste en meest gecompliceerde print, deze met de microprocessor, is volledig voorgemonteerd. De belangrijkste nieuwe vaardigheid die in dit hoofdstuk aan bod komt betreft het programmeren van een microprocessor. Om ook de beginnende programmeur/elektronicus snel op weg te helpen, is gekozen voor een systeem dat zich laat aanspreken met BASIC, de eenvoudige programmeertaal die een ieder zo onder de knie heeft.

Programmeren via de PC
In dit hoofdstuk gebruiken we dus een microprocessor voor het programmeren en besturen van de robot. Een microprocessor wordt geprogrammeerd en dat betekent dat we de beschikking moeten hebben over een computer van het type PC. Geen 2,4 GHz model, in feite is elke computer (ook een tweedehands afdankertje) geschikt, zolang er maar een Windows-versie op draait.

Welke microprocessor?
In microprocessorland is de keuze overweldigend. Voor elk type zijn ontwikkelkits beschikbaar en de logische bouwblokken volgen elkaar snel op. Enkele jaren geleden was 8 bit de standaard, nu zijn 16 bit of zelfs 32 bit processors meer gebruikelijk.
We doen voor dit knutselproject een behoudende keuze. We kiezen voor een microprocessor die al vele jaren in de handel is (niet de modernste dus) en die in een eenvoudig apentaaltje (BASIC) geprogrammeerd kan worden. We gaan er in dit hoofdstuk overigens van uit dat programmeren voor de gemiddelde lezer nog abracadabra is.
Het gekozen IC wordt ondersteund met ontwikkelkits, CD's en boeken (zij het in de Duitse taal) voor het geval u de smaak te pakken krijgt. Bovendien is er een

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3



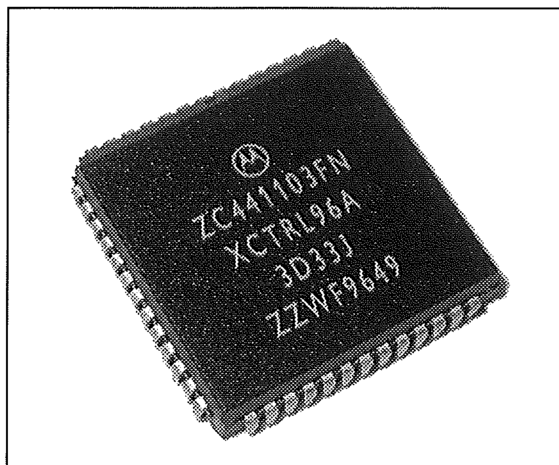
printje beschikbaar waarop alle functies gemakkelijk toegankelijk zijn. De kit wordt geleverd door Conrad (www.conrad.nl) en heet daar C-Control Basic (bestelnummer 95 05 72). De kosten? Ongeveer € 50,00. Let op, er is ook een M-uitvoering. Die is wel goedkoper, maar daar moet nog veel aan gesoldeerd worden. Er is ook een uitvoering waarbij de functies (schakelaars, motortjes, LED'jes, sensoren) als symbooltjes op een ontwerpvel met elkaar verbonden kunnen worden. Een geniale vondst, maar toch blijken eenvoudige programmaregels beter te begrijpen, met name als we na wat langere tijd de draad weer willen oppakken en het schema ingewikkelder wordt. Bovendien geeft programmeren een goede training voor het geval we later nog eens écht willen programmeren in C+ of zo en gebruik willen maken van modernere elektronica.

De MC68HC05B6

De gebruikte processor is een 8 bit versie MC68HC05B6 van Motorola, zie figuur 4/5.1.9-1, met een niet-vluchtig geheugen van 8 kB (1 kilobyte is 1.024 bit, waarbij een bit een 0 of een 1 kan voorstellen). Dat lijkt niet veel in een tijd dat we geheugens in MB (1.000.000 byte) en GB (1.000.000.000 byte) uitdrukken, maar voor ons doel meer dan we ooit zullen gebruiken. Niet-vluchtig wil zeggen dat het programma onthouden wordt, ook als de spanning er af is. Als de robot geslapen heeft weet hij dus nog precies hoe zijn wereld er uit ziet en zal hij nog steeds reageren op sensoren op de wijze die hem aangeleerd is.

In- en uitgangen

Onze microprocessor heeft 16 in- en/of uitgangen (naar wens te kiezen) die schakelen naar 5 V en 10 mA kunnen verwerken.



Figuur 4/5.1.9-1: Deze microprocessor van Motorola gaat het brein van onze robot worden.

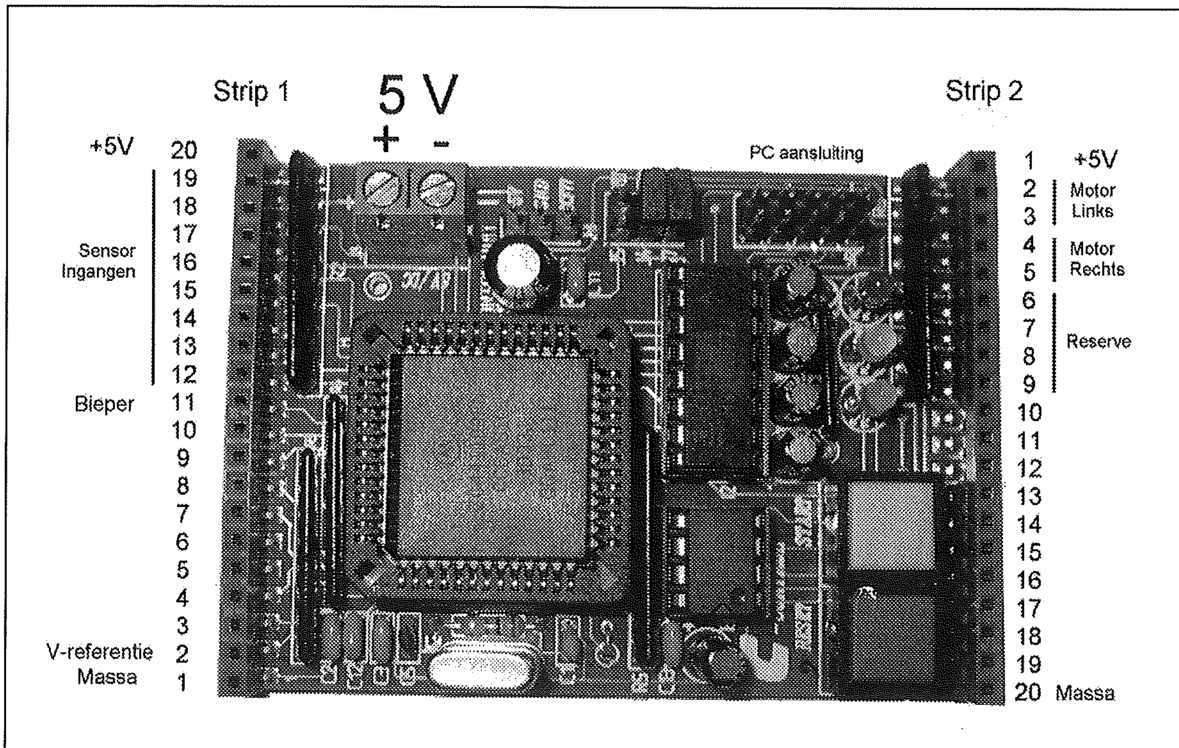
Bovendien hebben we de beschikking over 8 analoge ingangen en 2 analoge uitgangen. Deze kunnen 8 bit informatie verwerken. Dat wil zeggen dat ze een spanning van 5 V kunnen verdelen in 2 tot de macht 8 (2^8), ofwel 256 stapjes. De processor kan dus acht spanningen meten (bijvoorbeeld sensorsignalen) en twee spanningen genereren (bijvoorbeeld een lamp én een motor regelen). Hij heeft nog veel meer functies aan boord waarvan we de meeste in dit project echter niet zullen gebruiken.

De processorprint

Inleiding

De processor zélf is, met wat omringende elektronica, door de leverancier al op een keurig printje gezet, zie figuur 4/5.1.9-2.
Aan weerszijden zit een aansluitconnector met 20 contacten.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-2: De processor is, met wat andere elektronica, op een printje gezet en kan dus zó worden ingezet zonder soldeerwerk.

Daarmee krijgen we toegang tot alle signalen die de microprocessor levert. Boven op de print zit een kroonsteentje waar we de + en de - van de 5 V voeding kunnen aansluiten. Rechts boven zit een connector waarmee we de print met onze PC kunnen verbinden.

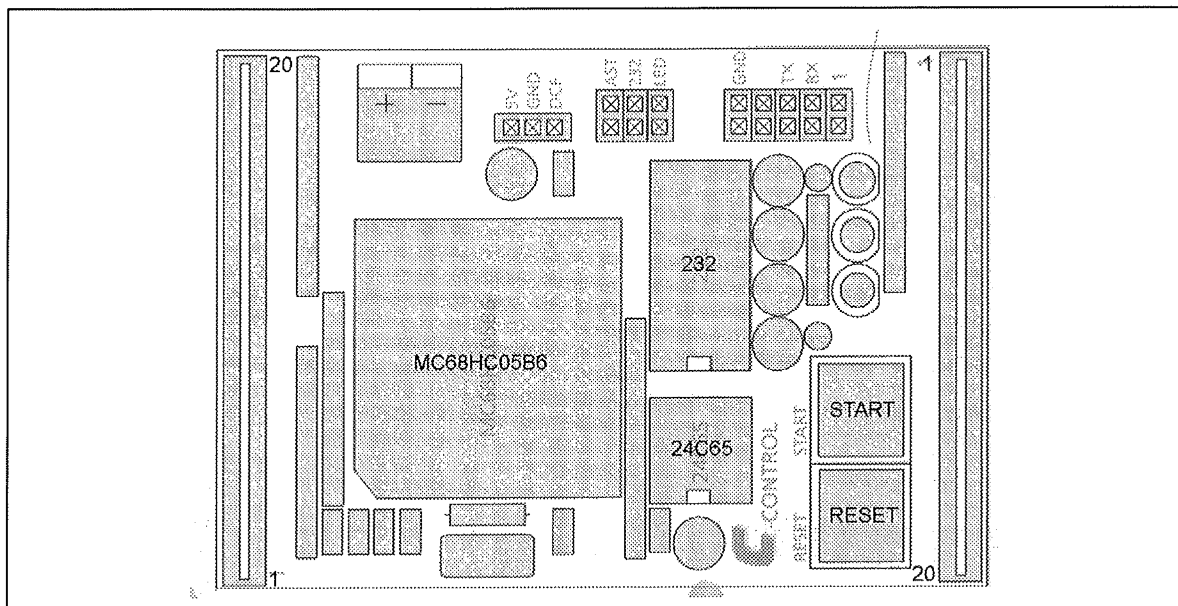
Schematische voorstelling

Omdat we teveel worden afgeleid door alle details in een foto wordt zo'n processorprint meestal schematisch voorgesteld en zien wij duidelijk de belangrijkste onderdelen, zoals de twee drukknoppen "START" en "STOP", zie figuur 4/5.1.9-3.

Het aansluiten van de processorprint

De processormodule heeft, zoals reeds geschreven, twee parallelle rijen van 20 aansluitingen met een normale gaatjesprint steek. Het beste kunnen we gebruik maken van een gaatjes printplaat met eilandjes. De contacten in de connectoren van de processorprint lopen door. De processorprint kan daardoor op twee pennenstrippen worden gestoken. De pennen van deze strippen moeten wel iets langer zijn dan gebruikelijk. Een lengte van 15 mm is geschikt. Als naast deze strippen met lange pennen een uitvoering met normale, kortere, pennen geplaatst wordt op de posities van de digitale poorten, kunnen we later aansluitingen solderen, zonder dat de processorprint in gevaar komt.
Functies zoals de 5 V regelaar brengen we eveneens op de gaatjesprint onder. Let bij het solderen heel goed op en controleer alle lassen met een vergrootglas.

5.1 Een universele robot

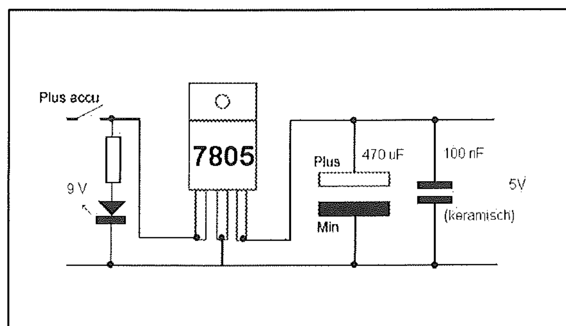


Figuur 4/5.1.9-3: De schematische voorstelling van de processorprint.

De afstand tussen de kopersporen is bijzonder klein en een kortsluiting is snel gemaakt.

De 5 V voeding

De benodigde 5 V processorspanning wordt afgeleid van de accu's voor het loopwerk. De regeling is klassiek en neemt niet veel ruimte in op de print, zie figuur 4/5.1.9-4.



Figuur 4/5.1.9-4: Met maar vijf onderdeeltjes zetten we de 9 V van de accu's van het loopwerk om in een mooie 5 V spanning voor de processorprint.

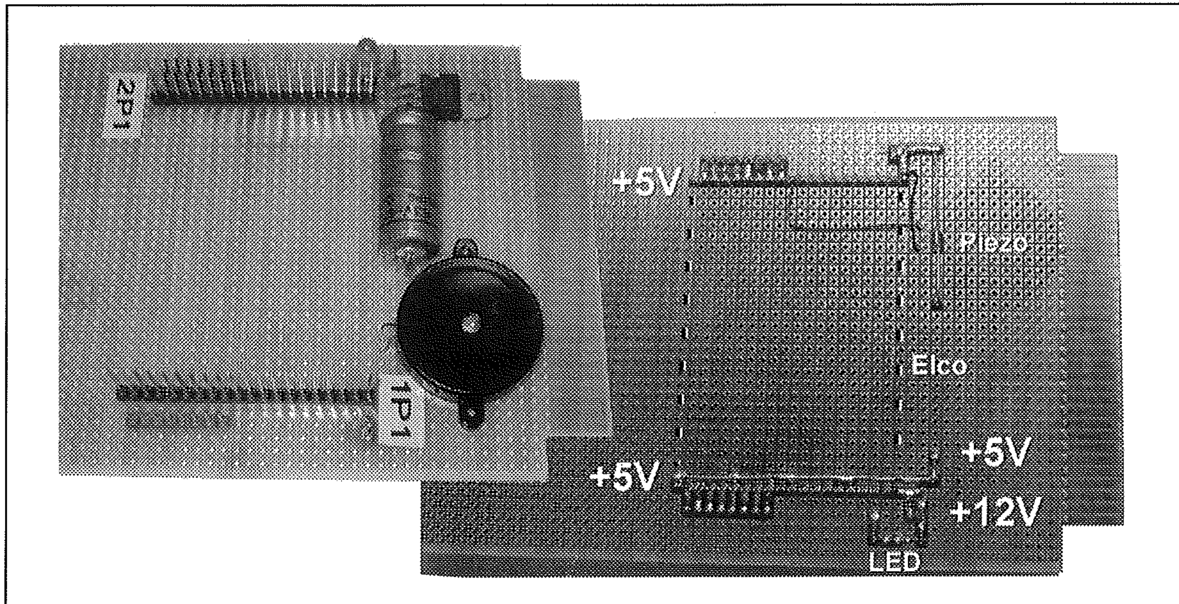
De weerstand links boven dient voor de stroombegrenzing van de lichtgevende diode (LED) en heeft een waarde van 470 Ω.

De kant-en-klare montageprint

De gemonteerde gaatjesprint (in dit stadium nog zonder de processorprint) is voorgesteld in figuur 4/5.1.9-5. De stippellijnen geven doorverbindingen aan op de processorprint zelf. Een LED op de hoofdvoeding en een piëzo-zoemer (een type zonder ingebouwde elektronica) maken het geheel compleet. Het is niet verstandig de hoofdschakelaar op de gaatjesprint te monteren. Daarvoor is een dergelijk plaat te kwetsbaar. Het is beter de hoofdschakelaar een plaatsje te geven op de chassisplaat.

De foto van figuur 4/5.1.9-5 geeft een impressie van de gaatjesprint vóórdat de processorprint werd aangebracht. Duidelijk zijn links de twee connectoren te zien, waarop we laten de processorprint monteren.

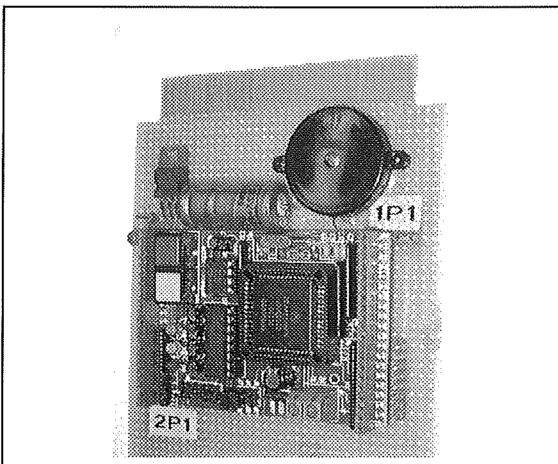
5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-5: De gaatjesprint is klaar voor het ontvangen van de processorprint.

Eindmontage

Met de processorprint over de aansluitpennen geschoven ziet het er redelijk indrukwekkend uit, zie figuur 4/5.1.9-6. Let erop dat het voedingskroonsteentje op de processorprint niet gebruikt wordt.



Figuur 4/5.1.9-6: De processorprint is op de connectoren van onze gaatjesprint aangebracht.

Alle noodzakelijke verbindingen zijn al op de gaatjesprint gemaakt.

De aansluitgegevens

Via het gaatjesboard krijgen we op een veilige manier toegang tot alle in- en uitgangssignalen van onze microprocessor. Maar dan moeten we natuurlijk wél weten wat die veertig contactjes te betekenen hebben. Welnu, in de tabel van figuur 4/5.1.9-7 zijn de functies van alle pennen van de twee connectoren samengevat.

Afsluiting processoruitgangen

Alle uitgangen van de microprocessor worden op de processorprint met een weerstand omhooggetrokken. Zolang er geen opdracht is geweest zijn ze dus hoog ("H"). Dat kan soms lastig zijn. De wielen van het loopwerk bijvoorbeeld, draaien dan zodra de spanning op de schakeling gezet wordt. Niet echt handig!

5.1 Een universele robot

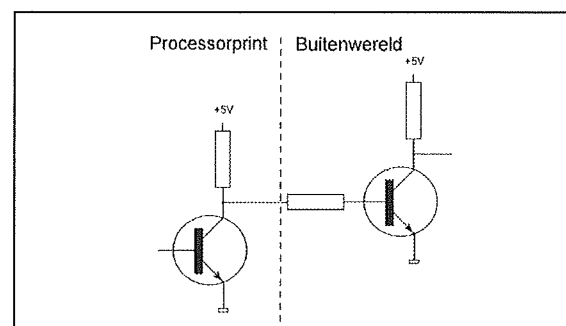
Connector 2			Connector 1	
Pen 20	Massa		Pen 1	Massa
Pen 19	Reset		Pen 2	V ref
Pen 18	DCF-77		Pen 3	A/D [1]
Pen 17	D/A [2]		Pen 4	A/D [2]
Pen 16	D/A [1]		Pen 5	A/D [3]
Pen 15	Groene led		Pen 6	A/D [4]
Pen 14	Rode led		Pen 7	A/D [5]
Pen 13	Gele led		Pen 8	A/D [6]
Pen 12	Intern		Pen 9	A/D [7]
Pen 11	Intern		Pen 10	A/D [8]
Pen 10	Start		Pen 11	Zoemer
Pen 9	Poort [8]		Pen 12	Poort [9]
Pen 8	Poort [7]		Pen 13	Poort [10]
Pen 7	Poort [6]		Pen 14	Poort [11]
Pen 6	Poort [5]		Pen 15	Poort [12]
Pen 5	Poort [4]		Pen 16	Poort [13]
Pen 4	Poort [3]		Pen 17	Poort [14]
Pen 3	Poort [2]		Pen 18	Poort [15]
Pen 2	Poort [1]		Pen 19	Poort [16]
Pen 1	+ 5 volt		Pen 20	+ 5 volt

Figuur 4/5.1.9-7: De functie van de 40 pennen van de twee connectoren.

Door een transistortrapje tussen de processoruitgang en het R-2R netwerk te zetten, zie figuur 4/5.1.9-8, is de beginconditie laag ("L") en staan de wielen stil.

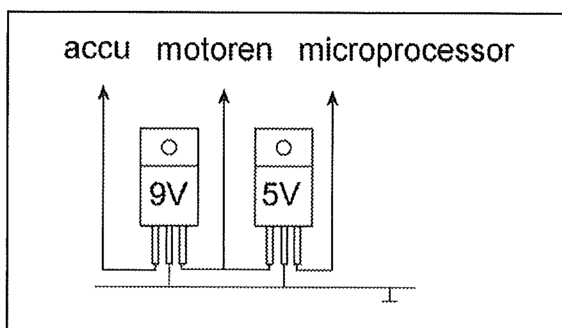
De voedingsstabiliteit

Een andere zaak is de voedingsstabiliteit. Naarmate de accu's leger worden daalt de voedingsspanning en worden de motorbesturingsprinten met een steeds lagere spanning gevoed. Tot nu toe was dat geen punt. Met microprocessorbesturing kan dat een probleem worden. De processor wordt immers gevoed uit een gestabiliseerde spanning van 5 V. Deze spanning blijft constant, ook als de accuspanning daalt. Zoals later zal blijken, kan de dalende accuspanning een conflict veroorzaken met de stabiel blijvende processorvoeding.



Figuur 4/5.1.9-8: Via een eenvoudige transistorinverter kunnen wij de processoruitgangen in rust "L" maken.

Als de hobby serieuze vormen dreigt aan te nemen, is het beter tussen de accu's en de schakeling een 9 V stabilisator op te nemen, zie figuur 4/5.1.9-9. Het euvel is hiermee verholpen.



Figuur 4/5.1.9-9: Met deze uitbreiding van de voedingsschakeling wordt niet alleen de processor stabiel gevoed, maar ook de overige elektronica van de robot.

Elipoog

Voor we nu verder gaan met het aansturen van het loopwerk, is het aardig eerst wat eenvoudige microprocessor ervaring op te bouwen. Het programmeren van de processor gaat op een heel eenvoudige manier. We sluiten een kabeltje aan tussen de processorprint en een seriële uitgang van onze PC waar Windows op draait. Maar voor dat werkt zullen we de software moeten installeren.

Installeren van C-Control BASIC

Inleiding

De bij de microprocessor geleverde CD-ROM bevat programma's voor een aantal systemen. De CD-ROM start vanzelf op. Maak op de harde schijf alvast een tijdelijke map CControl aan. Een andere naam mag ook. Start vervolgens de CD-ROM en kies achtereenvolgens voor:

- **C-Control I (/BASIC,/PLUS, Station)**
- **C-Control/BASIC**
- **Opslaan**
- **Kies de zojuist aangemaakte directory**

Op deze map wordt vervolgens het bestand CCBasicSetup opgeslagen, de CD-ROM kan er uit.

Installeren van het programma

Zoek de map op en start het setupbestand door er (dubbel) op te klikken. Bevestig de vraag om door te gaan en druk vervolgens op "Weiter". We zien nu dat setup een map voor de installatie voorstelt. We accepteren die keuze door "Weiter" te kiezen en nog een keer "Weiter" om de volledige installatie te kiezen. Nogmaals op "Weiter" en vervolgens op "Installieren".
Een laatste druk op "Fertigstellen" en het programma is geïnstalleerd.
Kijk maar in C:\Program Files\Conrad Electronic\CCBasic\CCEW32d. Daar staat de toepassing CCEW32D.
Een klik rechts op de muis stelt ons in staan een snelkoppeling te maken die we naar het bureaublad slepen.

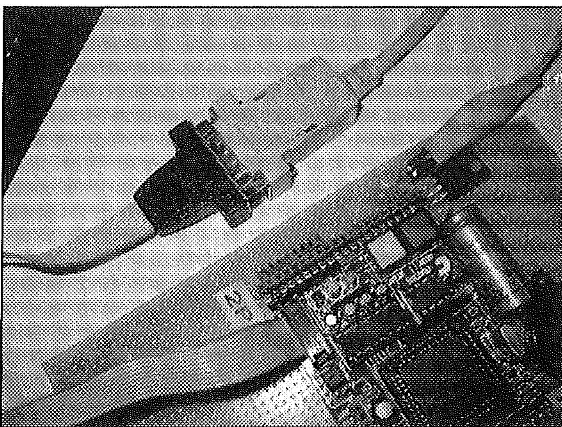
Opstarten van het programma

Na het starten van het programma zien we een akelig leeg scherm. Gelukkig staat er ook een aantal voorbeeldprogramma's in de directory CCBasic.
We openen in de map "station" het programma "schule.bas". Hier zien we een typisch voorbeeld van een BASIC-programma, zij het van commentaar in het Duits voorzien. Daar gaan we uiteraard enige verandering in aanbrengen. De lijst kan bewerkt worden alsof het een

normaal tekstbestand is. Let erop dat het kleinste foutje in een programmaregel een fout oplevert. Fouten in de commentaarregels vormen geen probleem, zolang er een ‘ voor staat.

De koppeling met de PC

Sluit de meegeleverde seriële kabel aan op een COM-poort van de computer (COM1 of COM2). Het andere einde wordt verbonden met de lintkabel die op zijn beurt weer verbonden is met de print, zie figuur 4/5.1.9-10.



Figuur 4/5.1.9-10: Het aansluiten van de seriële kabel op de microprocessorprint.

BASIC programmeren

Inleiding

Programmeren is een heel precieze klus. Door programma's van duidelijk commentaar te voorzien kunnen we ook later weer snel begrijpen wat het programma doet.

Een eenvoudig voorbeeld

Omdat we nog niet veel hardware hebben, behelpen we ons even met de zoemer. Met het programma in figuur 4/5.1.9-11 testen we de werking van de combinatie soft- en hardware. Type het onderstaande programma als nieuw bestand in CCBasic.

```
'CCBasic
'De zoemer op de print wordt
'geactiveerd met de BEEP
'opdracht 'BEEP toonhoogte,
'tijdsduur, pause tot volgende
'beep
'BEEP 250000/frequentie, lengte *
'20 msec, pause * 20 msec
'
#opnieuw
'Hier springt het
'proramma aan het eind naartoe


beep 700,10,0
beep 600,10,0
beep 500,10,0
beep 400,10,0
beep 300,10,0
beep 200,10,0
beep 100,10,0
beep 200,10,0
beep 300,20,0
beep 400,20,0
beep 500,20,0
beep 600,20,0
beep 700,20,0
beep 800,20,0

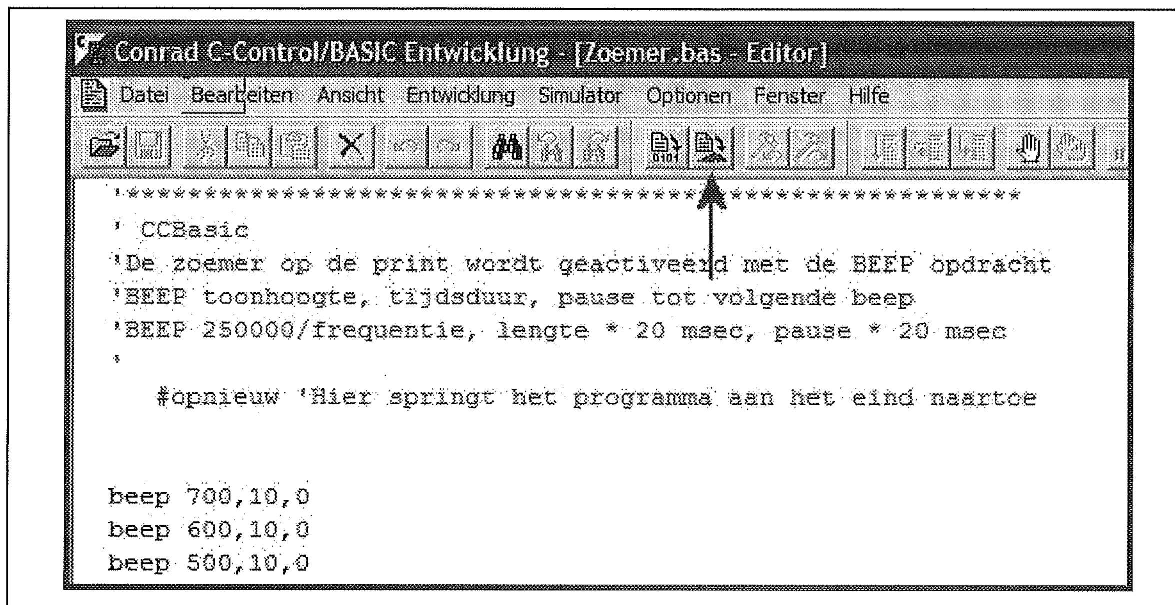
goto opnieuw
```

Figuur 4/5.1.9-11: Het eerste programma in CCBASIC.

Zoemer aansluiten

We sluiten de zoemer aan op pen 11 aan de rechterzijde van bovenaf geteld. De tweede draad van de zoemer mag aan de massa of aan de voeding hangen.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-12: Met de compileertoets in de knoppenbalk wordt het BASIC-programma omgezet in een machinecode programma dat onze microprocessor kan begrijpen.

Hoe het werkt
Het eerste getal geeft de toonhoogte weer via een omrekening. Als we bijvoorbeeld 440 Hz willen horen (standaard muziektoon A), dan berekenen we het in te vullen getal met de formule:

```
GETAL=250.000/Frequentie
     =250.000/440
     =568
```

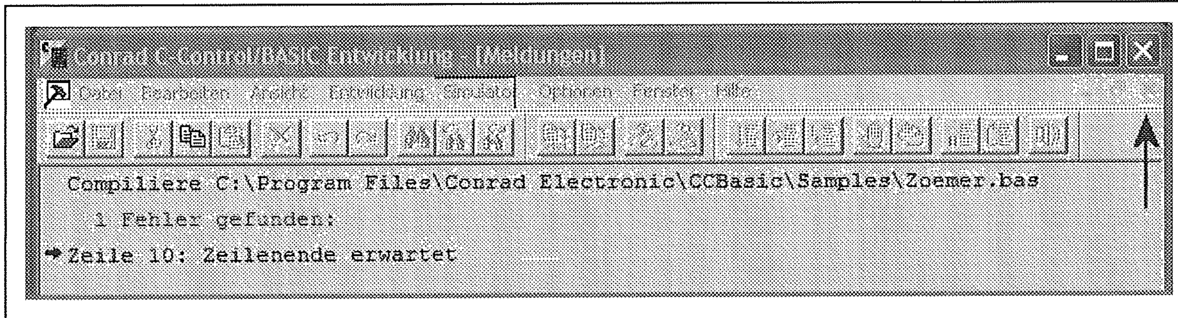
Hoe hoger de toon, hoe kleiner het getal. Het getal 700 in de eerste opdrachtregel geeft een frequentie van 250.000/700 = 357 Hz.
Het tweede getal, gescheiden door een komma (na de komma mag een spatie gebruikt worden, hoeft niet) geeft de toonlengte weer in eenheden van 20 milliseconden. Het getal 10 geeft een toonlengte van 10 * 20 = 200 msec, hetgeen overeenkomt met 1/5 seconde.
Het derde getal geeft de pause aan tussen de volgende toon, ook weer in eenheden van 20 milliseconden. Als er nul staat, zoals hier, sluiten de tonen aan.

Overbrengen naar de microprocessor
Nu het BASIC-programma gereed is kunnen we het in voor de microprocessor begrijpelijke machinetaal overbrengen. Dit proces dat "compileren" heet, wordt automatisch voor ons geregeld. Bovendien wordt tijdens dat proces het programma op fouten gecontroleerd.
De compileertoets is met een pijl in figuur 4/5.1.9-12 weergegeven.

Starten van het programma
Als de aansluiting met de print in orde is en de print staat onder spanning, licht het rode LED'je op. Zodra dat weer dooft kan het programma gestart worden met de gele toets.

Gaat er iets fout?
Elektronica doet een aanslag op ons logisch denkvermogen.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-13: Het programma geeft een foutmelding in regel 10.

Software doet dat echter nog veel meer. De combinatie van deze twee vormt een echte uitdaging en draagt wezenlijk bij tot het verhogen van het frustratie tolerantieniveau. Een belangrijke eigenschap. We laten ons dus niet ontmoedigen door tegenslagen. Als iets niet werkt is daar een oorzaak voor. Meet de voedingspanning op de processorprint na op de diverse pennen.
Let erop dat de aansluitconnector 1 rechts zit en pen 1 bovenaan zit, dit in tegenstelling tot aansluitconnector 2 die onderaan begint met pen 1. Zit de zoemer inderdaad op pin 11 aan de rechter zijde van bovenaf geteld? De tweede zoemeraansluitdraad mag zowel aan massa als aan de +5 V gelegd worden. De uitgang van pen 11 geeft een blokgolf. Let goed op eventuele foutmeldingen en kijk of tijdens het overzetten de rode LED even brandt.

Kleine oorzaken, grote gevolgen

In het voorbeeld van figuur 4/5.1.9-13 is in de eerste BEEP opdracht vóór het getal 700 een komma geplaatst. Dat is inderdaad op regel 10 als we alle regels (ook de lege) meetellen.
We gaan terug naar het programma door het ónderste kruisje aan te klikken (zie pijl). Het rode kruisje sluit het programma zelf af.

Epiloog

Eerste programmeerklus geklaard? Probeer er dan eens een welluidend melodietje van te maken. Voor we verder gaan met de eigenlijke opdracht, het maken van een microprocessor gestuurd voertuig, komen we nog even terug op de besturing van de motoren.

Een alternatieve motorbesturing

De TLE4206 in een nieuwe schakeling

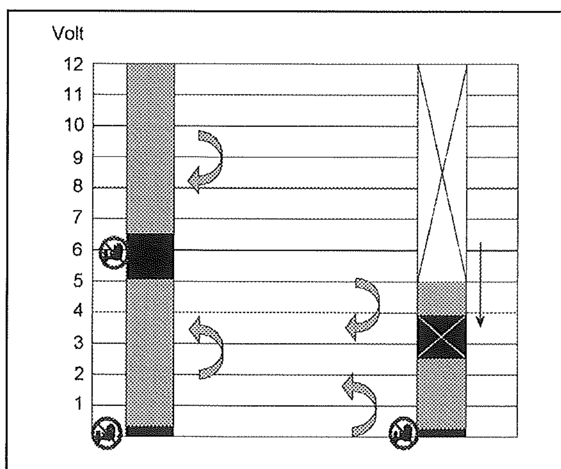
De aansturing van de motoren wordt ook bij de microprocessor besturing verzorgd door het IC dat in hoofdstuk 4/5.1.3 uitvoerig aan de orde is geweest, de TLE4206. Let echter ook op hoofdstuk 4/5.1.8!
Even ter herinnering, de ingang heeft in feite drie hoofdcondities:

- Als hij (bijna) aan nul ligt draait de motor een bepaalde kant op.
- Aan de voedingsspanning geschakeld draait de motor in de andere richting. Zorg ervoor dat deze richting overeenkomt met een achteruit rijdende beweging! Als dat niet het geval is moet de motor omgepoold worden.
- Op halve voeding staat hij stil.

We hebben al gezien hoe we de motorsturing, die in feite tri-state is, toch met een digitaal signaal kunnen aansturen. Het verschil met hoofdstuk 4/5.1.3 is echter dat nú de ingangen Q1 tot en met Q4 door een programmeerbare microprocessor worden aangestuurd. En daar komt het eerste probleem om de hoek kijken.

Spanningsverschillen

De motorstuurprint werkt vanaf 8 V, met tien goed geladen NiCad accu's staat hij zelfs op 12 V. De processor werkt echter op 5 V. Het maximale digitale uitgangssignaal is bovendien slechts 4 V.
Hierdoor ontstaat een groot probleem dat in figuur 4/5.1.9-14 wordt verduidelijkt.



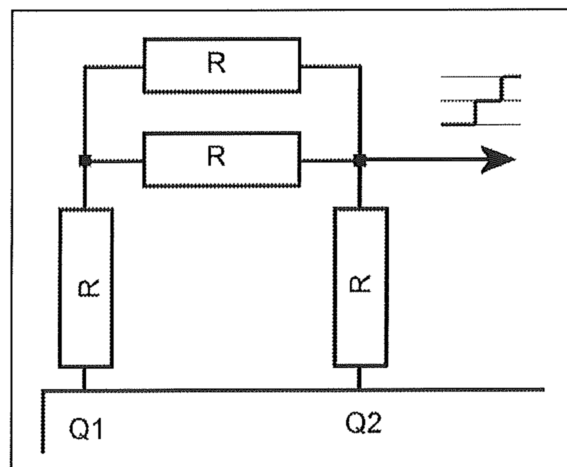
Figuur 4/5.1.9-14: Het ingangsspanningsbereik van de TLE4206 moet kunstmatig worden verlaagd.

De linker kolom in de figuur laat de toestand zien zoals de ontwerper van het IC die bedoeld heeft. Boven 6 V aan de ingang draait de motor in een bepaalde richting, onder 6 V aan de ingang draait de motor in de andere richting. In het zwarte tussengebied staat de motor stil. Rond de nul zien we een dood gebied waarbinnen de motor ook stil staat.
De microprocessor kan echter geen hogere signalen afgeven dan 4 V. Bovendien geeft een nul aan de uitgang een bijna echte nul.

R-2R netwerk op de uitgangen van de microprocessor

Als we weer een R-2R netwerk, zie figuur 4/5.1.9-15, gebruiken in combinatie met onze microprocessor zien we drie mogelijke condities ontstaan:

- Beide uitgangen hoog geeft ongeveer 4 V op de netwerkuitgang.
- Beide uitgangen laag geeft bijna 0 V op de uitgang.
- Eén van de uitgangen hoog en de andere laag geeft ongeveer 1,5 V tot 2,5 V op de uitgang.



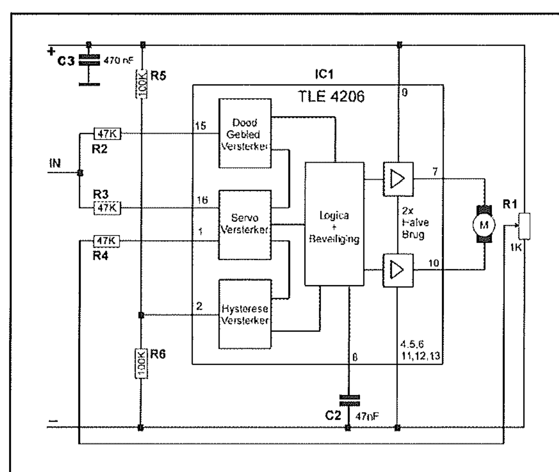
Figuur 4/5.1.9-15: Ook nu moet de motorbesturingsprint via het welbekende R-2R netwerk worden aangestuurd vanuit de microprocessor uitgangen.

Deze spanningen liggen vast en zijn dus niet compatibel met de 6 V omschakeldrempel van de TLE4206. Gelukkig bestaat er een eenvoudig truukje om de

TLE4206 geschikt te maken voor besturing met lagere spanningen op de ingang. In het originele schema van hoofdstuk 4/5.1.3 werd pen 1 gestuurd uit een spanningsdeler R7/R8 die deze pen op de helft van de voedingsspanning vastlegde. Als we die twee weerstanden vervangen door een instelpotentiometer kunnen we het schakelgebied omlaag draaien (rechter kolom in figuur 4/5.1.9-14), zodat we met de spanning van 4 V aan de ingang juist in het rechts draaiend gebied zitten en met de spanning van 1,5 V tot 2,5 V juist in het links draaiend gebied. Het tussengebied gebruiken we niet omdat de processor daar, zonder extra ingrepen, geen spanningsniveau kan leveren. Als beide uitgangen laag zijn zitten we vanzelf in het dode gebied rond de nul. Dat wordt dan ook het nieuwe niveau waar de motor stil staat. De niet gebruikte delen op de spanningsschaal in de rechterkolom zijn weggekruist.

Het aangepaste schema

Het oorspronkelijke schema van hoofdstuk 4/5.1.3 is dus niet meer bruikbaar als wordt gestuurd uit een uit 5 V gevoede microprocessor. Het aangepaste schema van figuur 4/5.1.9-16 blinkt uit in eenvoud. De twee weerstanden R7 en R8 zijn vervangen door een instelpotentiometer R1. Bovendien zijn de vertragende elementen R1 en C1 aan de ingang niet langer noodzakelijk. Een eventuele vertraagde reactie kan nu immers via de software worden ingebouwd.



Figuur 4/5.1.9-16: Het aangepaste schema van de motorbesturing als we met een microprocessor willen aansturen.

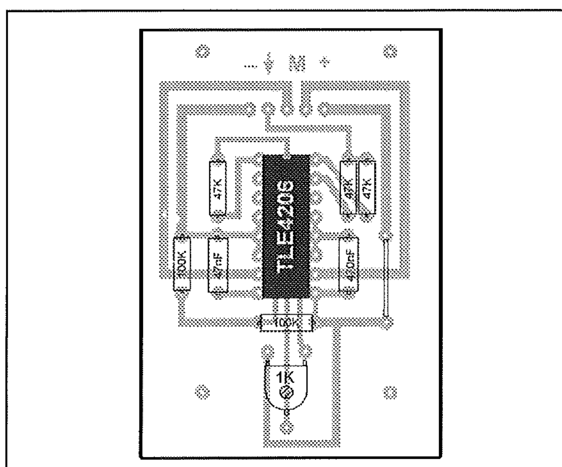
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R2,R3,R4	47 kΩ
R5,R6	100 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND, 10x5 MM	
R1	1 kΩ
CONDENSATOREN	
C2	47 nF
C3	470 nF
HALFGELEIDER	
IC1	TLE4206

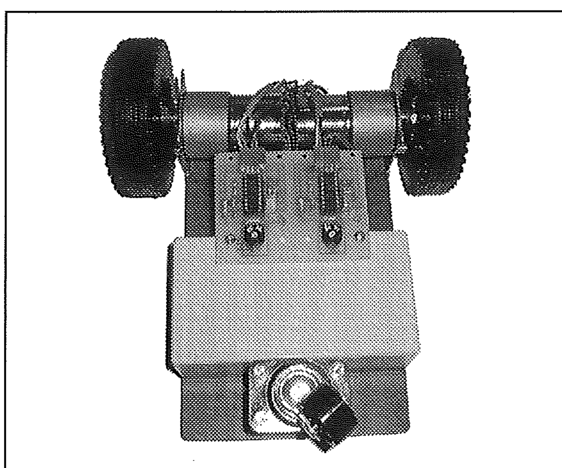
5.1 Een universele robot

De bouw van de schakeling

Ook voor dit project hebben wij een printje ontworpen, waarvan er natuurlijk twee moeten worden nagebouwd. De lay-out staat als figuur 4/5.1.9-17 op de laatste pagina van dit hoofdstuk, de componentenopstelling is getekend in figuur 4/5.1.9-18.



Figuur 4/5.1.9-18: De componentenopstelling van de aangepaste motorbesturing.



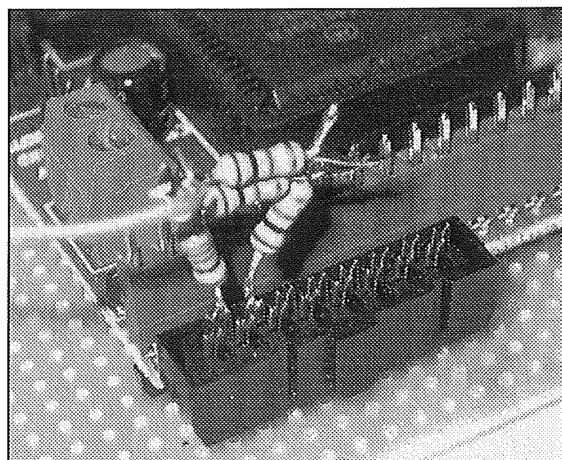
Figuur 4/5.1.9-19: De montage van de twee besturingsprinten voor de motoren aan de onderzijde van het robot chassis.

De besturingsprinten in de robot

De twee motorbesturingsprinten kunnen op de reeds bekende manier onder het robotchassis worden gemonteerd, zie figuur 4/5.1.9-19. Wat aansluitingen betreft verandert er natuurlijk niets. De basisprint met de daarop gemonteerde microprocessorprint wordt dan aan de bovenzijde van het chassis gemonteerd.

Het eerste R-2R netwerkje

Nog even de aansluitingen aan de microprocessorprint. We maken een R-2R netwerkje op een heel eenvoudige manier. We solderen rechtstreeks aan de pennen van de digitale uitgangen, of gebruiken een verloopstekertje, zoals voorgesteld in figuur 4/5.1.9-20.
Het draadje aan de uitgang van het netwerkje gaat naar de motorstuuringang.



Figuur 4/5.1.9-20: Op deze manier kunnen we even snel een R-2R netwerkje op onze microprocessorprint aansluiten.

Afregelen van de instelpotentiometer

Het afregelen van de instelpotentiometer kan hardwarematig, maar ook met behulp van het programma in figuur 4/5.1.9-21.

5.1 Een universele robot

```
' Sluit een van de motorstuurdraden aan op de R-2R uitgang

define MotorRechts1 port[15]
define MotorRechts2 port[16]

#opnieuw 'aan het eind komt het programma hier terug

beep 500,20,0
'Beide uitgangen hoog betekent vooruit
MotorRechts1 = ON
MotorRechts2 = ON

'Beide uitgangen te laag betekent stop
pause 100
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = OFF

pause 200

'Halve uitgangsspanning betekent achteruit
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = ON

pause 100

beep 300,20,0

'Idem met omgekeerde poorten betekent achteruit
MotorRechts1 = ON
MotorRechts2 = OFF

pause 100
goto opnieuw
```

Figuur 4/5.1.9-21: Het programma voor het afregelen van de instelpotentiometer.

Bespreking van het programma

In de eerste regels krijgt de microprocessor te horen op welke aansluitpennen we een digitale uitgang willen hebben: [15] en [16]. Vervolgens zetten we beide uitgangen ON (=hoog). De motor hoort nu vooruit te lopen. In een tweede stap gaan beide uitgangen naar OFF (=laag). De motor stopt.

De derde stap vraagt nauwkeurige afregeling van de potentiometer op de motorprint. Draai tegen de klok in tot de draairichting tegengesteld is aan die in stap twee. Het programma blijft de lus

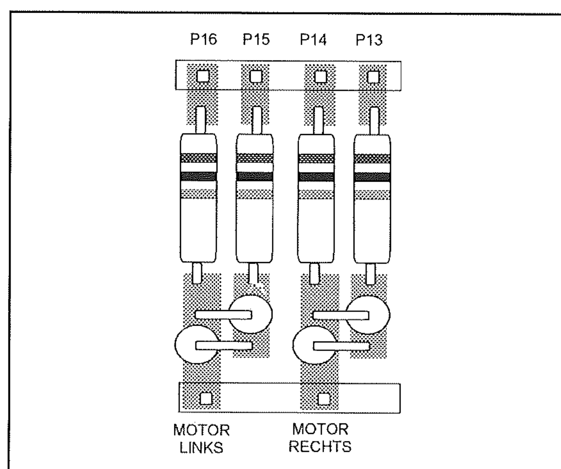
"goto opnieuw" doorlopen tot we het onderbreken.
Let nog even op de PAUSE opdrachten. Ook dat getal moeten we met 20 milliseconden vermenigvuldigen. De PAUSE opdrachten bepalen hoelang de motor in de conditie die ervoor is vastgelegd blijft.

En nu de tweede print
Na geslaagde afregeling krijgt de tweede motorprint dezelfde behandeling. Het is handig het voertuig in deze fase op te bokken of op de rug te leggen. Dat voorkomt dat het voertuig er vandoor gaat. Tien tegen een dat de tweede motor de verkeerde kant opdraait. Omdat de motor 180 graden gedraaid is moeten de aansluitdraden omgekeerd aangesloten zijn in vergelijking met de eerste motor.

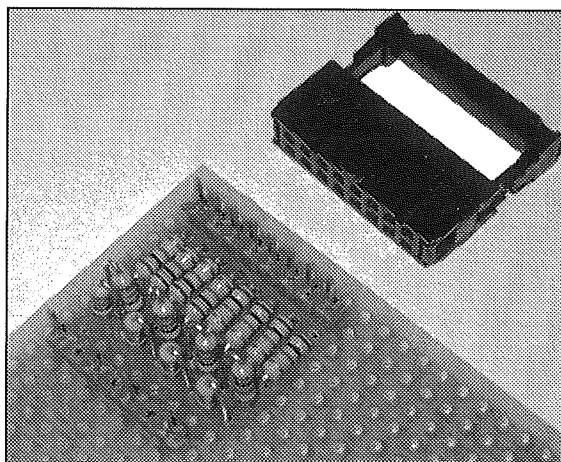
De R-2R netwerken

Inleiding
Het lijkt voor de hand liggend de R-2R netwerkjes op de basisprint van de processor te solderen. Het is echter handiger hiervoor een aparte strook gaatjesprintplaat te gebruiken, zie figuur 4/5.1.9-22. Dat vermindert het beschadigingrisico van de processor en maakt het solderen gemakkelijker.

Gebruik van lintkabel
Pennenstrippen, zie figuur 4/5.1.9-23, maken het gebruik van een platte lintkabel mogelijk. Gewoon verbindingsdraadjes solderen mag natuurlijk ook. De foto van figuur 4/5.1.9-24 geeft het netwerk voor de twee motoren. De eilandjes aan de onderzijde (grijze vlakjes) zijn doorverbonden. Pas op voor sluitingen aan de soldeerzijde, controleer met een loupe. Op de print is alvast rekening gehouden met twee extra motorprinten. De op de foto gebruikte connector heeft twee rijen, waarvan er maar één gebruikt wordt. Dat houdt in dat van de lintkabel om de andere ader niet gebruikt wordt. Even opletten dus bij het aansluiten van de connector aan de processorkant.

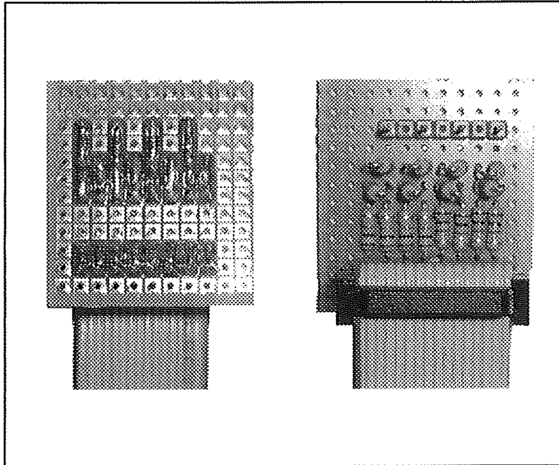


Figuur 4/5.1.9-22: Twee R-2R netwerken op een strookje gaatjesprint.



Figuur 4/5.1.9-23: Een andere oplossing: de vier noodzakelijke R-2R netwerken worden hier met connectoren verbonden met de microprocessorprint en met de motorbesturingsprinten.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-24: De vier R-2R netwerken op één klein stukje gaatjesboard.

De robot beweegt softwarematig

Inleiding

In feite is het rijdend gedeelte van de microprocessorbestuurde robot hiermee gereed. Op basis van het voorbeeldprogramma kunnen alle basisbewegingen geprogrammeerd worden. We zullen een hink-stapsprong programmeren om een goed idee te krijgen van de beweeglijkheid van dit zelfgebouwde mechatronica project.

Het programma

Het programma van figuur 4/5.1.9-25 demonstreert hoe we met behulp van software de bewegingen van de robot kunnen besturen.

Opmerking

Het kan zijn dat vooruit en achteruit omgewisseld zijn. Kwestie van de motoren ompolen.

```
' C-Control Basic
' Hink-Stapsprong
'


define MotorRechts1 port[14]
define MotorRechts2 port[13]
define MotorLinks1 port[16]
define MotorLinks2 port[15]

#opnieuw
'aan het eind komt het programma
'hier terug

beep 500,40,0
'Halve uitgangsspanning betekent
'vooruit
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = ON
MotorLinks1 = OFF
MotorLinks2 = ON
pause 20
beep 400,20,0

'Beide uitgangen nul betekent
'stop
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = OFF
MotorLinks1 = OFF
MotorLinks2 = OFF
pause 20

beep 300,20,0

'Beide poorten hoog betekent
'achteruit
MotorRechts1 = ON
MotorRechts2 = ON
MotorLinks1 = ON
MotorLinks2 = ON
pause 20

beep 200,20,0
```

5.1 Een universele robot

```
'Pirouette
MotorRechts1 = ON
MotorRechts2 = ON
MotorLinks1 = ON
MotorLinks2 = OFF
pause 20

beep 100,20,0

'Draai om wiel
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = OFF
MotorLinks1 = ON
MotorLinks2 = ON
pause 20

goto opnieuw
```

Figuur 4/5.1.9-25: Met dit programma kunt u de bewegingen van de robot besturen.

Nog wat over CCBASIC

Inleiding

Voor de beginnende BASIC-programmeur is het moeilijk inzicht te krijgen in de eigenaardigheden van het CCBASIC-dialect dat bij deze microprocessor hoort.

Daarom zijn enkele wetenswaardigheden zoals die gelden voor de gebruikte processor hier verzameld.

Experimenteren op het scherm

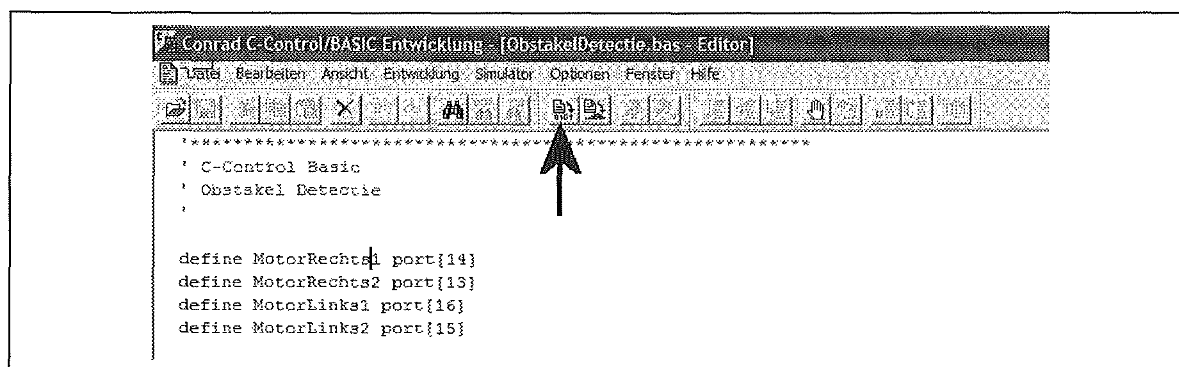
Deze minicursus kunnen we het best volgen voor het scherm van onze PC. Als het programmastukje gereed is, kan het namelijk direct op fouten onderzocht worden door te klikken bij de pijl in figuur 4/5.1.9-26.

Op deze manier kunnen we programma's uittesten zonder code naar de microprocessor te moeten zenden.

Declareren van variabelen en constanten

Een CCBASIC-programma kan pas iets doen als het weet wie de spelers zijn. We hebben gezien dat we dat met behulp van de define opdracht laten weten. Voor digitale in- en uitgangen hebben we dat al gezien. Voor een analoge poort geldt iets dergelijks, zie de listing in figuur 4/5.1.9-27.

Er zijn acht AD-converters beschikbaar die gebruikt kunnen worden voor het meten van spanningen. Let wel, als de ADC's gebruikt worden, dan moeten we de spanningsreferentie met een spanningsbron verbinden die beslist niet ho-



Figuur 4/5.1.9-26: Deze knop doet hetzelfde als zijn rechter buurman, maar verzendt niets naar de processorprint.

ger mag zijn dan 5 V. Als de gebruikte sensor slechts een signaal afgeeft van 1 V, dan leggen we 1 V aan pin 2 van connector 1. Geeft de sensor 5 V af, dan leggen we deze pin aan de voedingsspanning van 5 V.
Op deze manier wordt steeds het spanningsbereik van de sensor uitgesmeerd over "de volle schaal" van de analoog naar digitaal omzetter.
De gevoeligheid is 8 bit. De sensorspanning kan dus in $2^8 = 256$ stapjes uitgelezen worden, een oplossend vermogen van een half procent.

```
define Temperatuurmeter AD[1]
'voor een analoog naar
'digitaal omzetting
```

Figuur 4/5.1.9-27: Het declareren van analoge ingangen.

Variabelen benoemen

We zien dat we variabelen zélf een naam moeten geven (MotorRechts, Temperatuur, etc.). Maak daar dankbaar gebruik van om de structuur van uw programma's te verbeteren en de leesbaarheid ervan te vergroten. Een klein experiment: type de regels van figuur 4/5.1.9-28.

```
'Vastleggen van variabelen

meter = 1
centimeter = meter * 100
```

Figuur 4/5.1.9-28: Het foutief vastleggen van variabelen.

Dat geeft dus aanleiding tot een foutmelding. Hoe het wél moet? Zie de listing van figuur 4/5.1.9-29.

```
'definitie van variabelen

define factor 100
define centimeter BIT[1]
define meter BIT[1]

meter = 12
centimeter = factor * meter

print centimeter
```

Figuur 4/5.1.9-29: Hoe het wél moet.

Dat gaat al een stuk beter, geen foutmeldingen meer. We zien dat zelfs een constante aangekondigd moet worden. Dit heeft te maken met de manier waarop het geheugen ingevuld wordt. Achter BIT staat een 1. Afhankelijk van de grootte van de te verwerken getallen mag daar een getal staan tot 192. De laatste regel geeft een printopdracht. Die uitkomst komt niet op de PC-printer terecht, maar op de seriële ingang die we ook voor het programmeren gebruiken. Daar kan heel eenvoudig een klein display op aangesloten worden.

Iets over BIT, BYTE en WORD

Maximaal kan de processor 192 bit grote getallen verwerken. Er gaan 8 bit in een byte en 2 byte in een word.
De uitdrukkingen:

```
define getal BIT[192]
define getal BYTE[24]
define getal WORD[12]
```

geven alle hetzelfde aan. Er wordt gewerkt met getallen tot 2^{192}. Het zal echter duidelijk zijn dat we hiermee behoorlijk wat geheugenruimte innemen. Het is daarom beter het getal aan de behoefte aan te passen.

5.1 Een universele robot

Werken met functies

In berekeningen worden vaak functies gebruikt zoals de vierkantswortel, cosinus en dergelijke.
Het programmavoorbeeld in figuur 4/5.1.9-30 geeft een voorbeeld voor de vierkantswortel (functie SQR).

```
'functies
define oppervlak BIT[1]
define zijde BIT[1]

oppervlak = 100
zijde = SQR(oppervlak)

print " De zijde is" zijde
```

Figuur 4/5.1.9-30: Het werken met functies.

Maak opzettelijk kleine veranderingen en kijk hoe de foutendetectie die er feilloos uithaalt.

Werken met de willekeurige getallengenerator RANDOMIZE

Met de functie RANDOMIZE kunnen we een willekeurig getal oproepen zodat we enige onvoorspelbaarheid in de programma's kunnen aanbrengen. Weer een klein voorbeeldje in figuur 4/5.1.9-31.

```
'Willekeurig getal
define getal BIT[1]
define willekeur BIT[1]
RANDOMIZE willekeur
getal = RAND
```

Figuur 4/5.1.9-31: Het werken met pseudo-willekeurige getallen.

RANDOMIZE initieert dus een willekeurig getal. RAND rekent hieruit een volgend willekeurig getal uit.

Programmastructuur

We hadden al gezien dat we meerdere malen voorkomende programmablokken als subroutine kunnen vastleggen. Het programma wordt daar overzichtelijk van, vooral als de subroutines betekenisvolle namen meekrijgen.
Een voorbeeld als:

```
GOTO subroutine1
...
...
...
#subroutine1
```

is dus niet erg handig. Vergelijk dit eens met:

```
GOTO linkerdraai
...
...
...
#linkerdraai
```

dat foutzoeken in programma's veel gemakkelijker maakt.

IF... THEN... ELSE...

Een veel gebruikte functie is IF... THEN... of IF... THEN... ELSE.... Figuur 4/5.1.9-32 geeft een voorbeeld.

```
'Voorwaarde

define temperatuur AD[1]
define max 35
define relais port[6]

#meting
IF temperatuur > max THEN
relais = ON else relais = OFF
GOTO meting
```

Figuur 4/5.1.9-32: Het werken met een IF ... THEN ... ELSE structuur is handig voor het maken van keuzes.

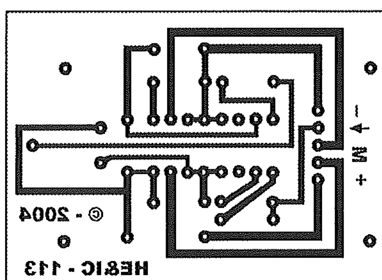
5.1 Een universele robot

Het signaalrelais wordt aangetrokken bij temperaturen boven 35.
Dat zijn geen graden, maar digitale getallen die de microprocessor levert. Die kunnen we met een formuletje laten omrekenen naar spanningen. Het digitale getal 256 komt bijvoorbeeld overeen met 5 V van de sensor en de sensor levert 5 V bij een temperatuur van 100 graden. Dan komt het resultaat 256 overeen met 100 graden en het getal 128 overeen met 50 graden.

Tot slot
Tot zover deze beknopte BASIC-les. Mensen zijn niet altijd even geschikt voor logische processen. Programmeren betekend veel oefenen en hard nadenken waarom bepaalde zaken anders gaan dan verwacht. De handleiding in de Duitse taal die bij de CCBASIC geleverd wordt is helaas niet overal even helder. Daar staat tegenover dat het uitproberen van een programma, met behulp van de ingebouwde foutenzoeker, bijzonder snel en gemakkelijk gaat.
Nu het gebruik van de digitale poorten als in- of uitgang duidelijk is, kan vrijwel elke sensor, relais, lampje, LED of sirene aangesloten worden. Met 16 poorten kan heel wat gedaan worden. De liefhebber van vechtrobots kan twee motoren toevoegen waarmee de tegenstander omver geworpen kan worden.
Naast de digitale poorten kan CCBASIC ook met analoge signalen werken. De robot kan dan op afstand bijvoorbeeld temperatuurmetingen doen. Het volgen van een streep op de grond of een ingegraven draad maakt nauwkeurige positionering mogelijk. Er zijn dus nog voldoende interessante mogelijkheden om vele avonden met mechatronica bezig te zijn. Als hobby, of als voorbereiding op een professionele carrière.

Willem H. M. van Dreumel

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.9-17: De print voor de motordriver.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

4/5.1.10

De robot en stappenmotoren

Inleiding

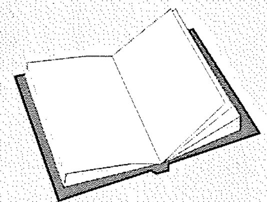
Beperking van de motoren
De motoren die wij in hoofdstuk 4/5.1.3 in onze robot hebben ingebouwd draaien met een constant toerental. Dat resulteert in schokkende bewegingen die minder geslaagd zijn. Ook is het precieze aantal omwentelingen niet bekend. Nauwkeurig positioneren is dan ook niet het sterkste punt. En nét dat nauwkeurig positioneren is voor robots heel belangrijk, denk maar aan industriële robots, die bijvoorbeeld laswerkzaamheden uitvoeren.

Stappenmotoren
Het is duidelijk in welke richting onze toekomstige mechatronica projecten zich dienen te ontwikkelen. De bij onze robot gebruikte microprocessoropstelling, zie hoofdstuk 4/5.1.9, kan heel goed overweg met pulsen en frequenties. Dat legt een duidelijke koppeling in de richting van stappenmotoren. En ook die zijn tegen lage kosten beschikbaar in vele miniatuuruitvoeringen, eventueel compleet met stuurprint.

Wat zijn stappenmotoren?
Om toch een beetje beeld te krijgen over de technische mogelijkheden zullen we een aantal basiszaken proberen te doorgronden. Stappenmotoren, zie figuur 4/5.1.10-1, zijn motoren die niet continu draaien als zij onder spanning worden gezet, maar een kleine hoek verdraaien in de een of de andere richting als er een pulsvormige spanning wordt aangeboden. De grootte van de beweging van de rotor (de hoekverdraaiing) is dus volledig te besturen door een bepaald aantal pulsen aan de stappenmotor aan te bieden. Op deze manier kunnen wij bijvoorbeeld bepalen dat de as van de rotor precies 125° moet verdraaien.

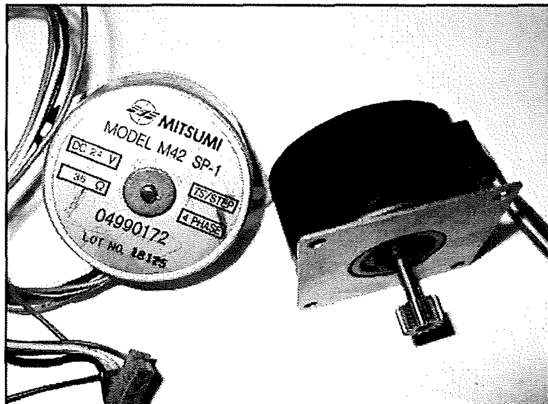
Een stappenmotor, althans de gebruikelijke kleine typen, heeft vier stator spoelen die aan één zijde met elkaar verbonden zijn. Er komen dus vijf draden uit. Soms zijn deze al twee aan twee gekoppeld en af en toe zit er ook nog een aarddraad bij die met de behuizing is verbon-

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.9

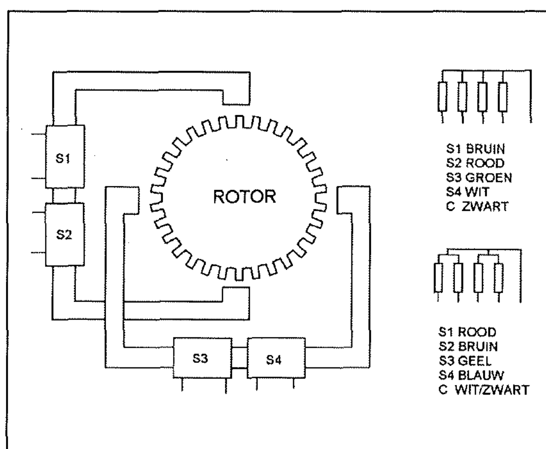


5.1 Een universele robot

den. Het intern schema van zo'n motor kan samengevat worden als getekend in figuur 4/5.1.10-2.



Figuur 4/5.1.10-1: Voorbeelden van kleine stappenmotoren die ideaal zijn voor onze mechatronica experimenten.

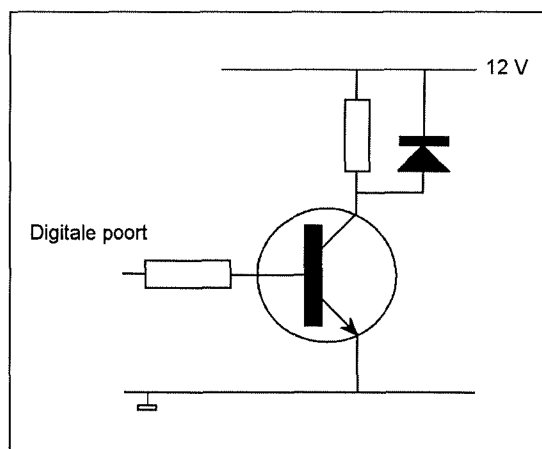


Figuur 4/5.1.10-2: De samenstelling en de aansluitgegevens van de standaard stappenmotoren die wij in onze robot kunnen toepassen.

Ook kunnen de gemeenschappelijke verbindingen per spoelenset apart naar buiten zijn gevoerd. Omdat alle spoelen dezelfde weerstand hebben, kan een universeelmeter helpen bij het uitzoeken van de gekleurde draden.

Werking van een stappenmotor
Er is steeds slechts één spoel bekrachtigd. Zodra de volgende spoel stroom krijgt, draait de rotor één tandje verder. Afhankelijk van de volgorde waarin de spoelen bekrachtigd worden draait de motor links of rechts. Stappenmotoren zijn er in vele spanningen. Meestal ligt de stuurspanning tussen 12 V en 24 V.

Aansturing van stappenmotoren
Normaal gesproken worden stappenmotoren aangestuurd vanuit een driver-IC. We hebben op onze processorprint maar liefst 16 uitgangen. We zouden er dus in beginsel vier stappenmotoren mee moeten kunnen aansturen. Er is echter nog een hindernis te nemen. De processor levert maximaal 10 mA bij 5 V. Er moet dus een buffertje tussen. De eenvoudigste buffer is een transistorschakelaar met ontstoringsdiode, zie figuur 4/5.1.10-3.

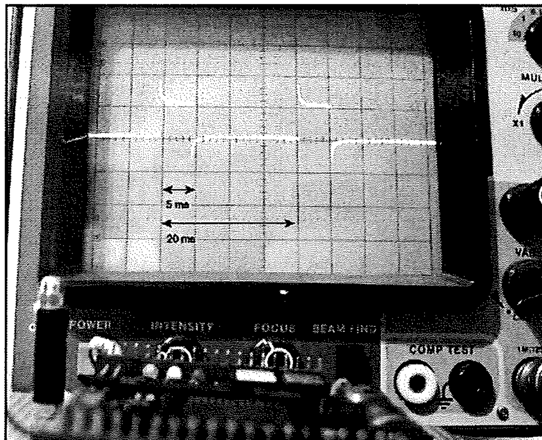


Figuur 4/5.1.10-3: Met een dergelijke eenvoudige buffer kunnen wij de spoel van een stappenmotor uit onze microprocessor besturen.

Besturen met onze µP

Snelheid van besturing
Omdat een volledige omwenteling van de as flink wat stappen vraagt moeten we een behoorlijk hoge pulsfrequentie bereiken. Het is daarom interessant te weten welke frequentie de microprocessor kan leveren. Het programma van figuur 4/5.1.10-4 gebruikt een afzonderlijk digitale uitgang voor elk van de vier spoelen en schakelt spoel voor spoel in en de andere weer uit.

Het programma op de oscilloscoop
Op het oscilloscoopscherm, zie figuur 4/5.1.10-5, zien we het beeld van één van de spoelen. Op de processorprint zien we aan de gele en rode LED dat het programma loopt. De spoel is 5 milliseconde bekrachtigd en daarna 15 milliseconde uit.



Figuur 4/5.1.10-5: Het stuursignaal van één van de spoelen van de stappenmotor.

De snelheid is te laag
In die tijd zijn de andere spoelen één voor één actief. De totale cyclusduur is dus 20 milliseconde. De maximale puls-

```
' C-Control Basic
' Stappenmotor

define uitgang1 port[14]
define uitgang2 port[13]
define uitgang3 port[16]
define uitgang4 port[15]

#opnieuw
gosub spoel1
gosub spoel2
gosub spoel3
gosub spoel4
goto opnieuw

#spoel1
uitgang1 = ON
uitgang2 = OFF
uitgang3 = OFF
uitgang4 = OFF
return

#spoel2
uitgang1 = OFF
uitgang2 = ON
uitgang3 = OFF
uitgang4 = OFF
return

#spoel3
uitgang1 = OFF
uitgang2 = OFF
uitgang3 = ON
uitgang4 = OFF
return

#spoel4
uitgang1 = OFF
uitgang2 = OFF
uitgang3 = OFF
uitgang4 = ON
return
```

Figuur 4/5.1.10-4: Een eenvoudig C-Control Basic programma voor het besturen van een stappenmotor.

frequentie ligt daarmee op 50 Hz. Een motortje met 48 stappen per omwenteling (7,5 graden per stap) kan dus één omwenteling per seconde maken. Niet indrukwekkend, maar ook niet per definitie onbruikbaar. Dat zal van de toepassing afhangen.

De stappenmotor in de praktijk

Het aansluitschema is de eenvoud zelve. Vier van de eerder geschetste buffertrapjes worden elk door een digitale poort van onze microprocessor aangestuurd. De vier spoelen komen in de collectorleidingen naar de plus. Dat is dan tevens de gemeenschappelijke aansluiting van de spoelen.

De looprichting wordt door het programma bepaald. Er komen dus nog vier subroutines bij met de volgorde 4-3-2-1 in plaats van 1-2-3-4 zoals in het voorbeeld programma. Het aantal stappen kan opgegeven worden met de opdracht die in figuur 4/5.1.10-6 is voorgesteld. Tussen de FOR en NEXT regel komt het voorbeeld programma te staan, dat dan 100 keer uitgevoerd wordt.

```
FOR teller = 1 TO 100

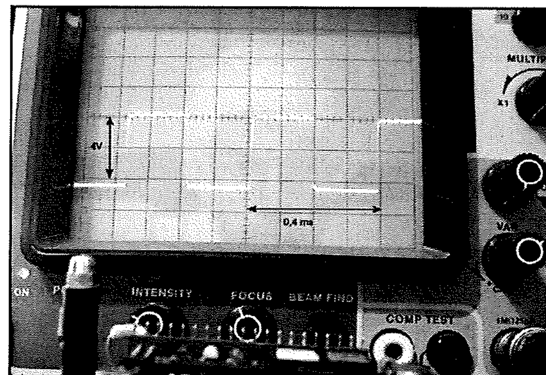
' Uit te voeren programma met
  gosubs

NEXT
```

Figuur 4/5.1.10-6: De opdracht voor het definieren van het aantal stappen.

Sneller met BEEP

Toch is het resultaat een beetje teleurstellend. Veel programmeerwerk voor zo'n matige snelheid. Wat snelheid betreft doet de BEEP-uitgang van onze microprocessor het beter. De hoogste frequentie die zich nog stabiel gedraagt is BEEP 100, hetgeen overeenkomt met 2.500 Hz. Verdeeld over de vier spoelen is dat nog altijd meer dan 600 Hz, voldoende voor een respectabel toerental.



Figuur 4/5.1.10-7: Het resultaat van het sturen van de spoel van de stappenmotor met het BEEP-signaal van onze microprocessor.

Het is dan ook zeer interessant het BEEP-signaal nader te analyseren. In figuur 4/5.1.10-7 staat het signaal van pin 11 van de eerste connector bij BEEP 100 op het scherm van de oscilloscoop. Een mooi strak signaal. Maar, helaas maar één beschikbare uitgang. BEEP heeft nog als voordeel dat we precies weten hoeveel pulsen er afgegeven worden. BEEP 100, 1, 0 geeft gedurende 20 milliseconde een frequentie van 250.000/100=2.500 Hz. In een/vijfde seconde (20 ms) zijn dat dus 500 pulsen. Bij 7,5 graden as-rotatie zijn dat bijna tien omwentelingen.

BEEP heeft dus een aantal voordelen tegenover de reguliere digitale uitgangen:

- de snelheid is instelbaar;
- de snelheid is onafhankelijk van de programmagrootte;
- we kunnen een precies aantal pulsen doseren;

5.1 Een universele robot

- de BEEP functie vraagt nauwelijks programmeerwerk.

BEEP heeft echter ook een nadeel. Voor het verdelen van de pulsen over de vier spoelen hebben we wat externe elektronica nodig. Maar wie is daar nog bang voor?

De stappenmotor driver SAA1027

Een interessant IC van Philips

We vallen meteen maar met de deur in huis: de SAA1027 stappenmotor driver van Philips is een ideaal IC voor onze experimenten. Het IC is goedkoop en, hoewel al vrij oud, toch nog goed verkrijgbaar.

Intern schema

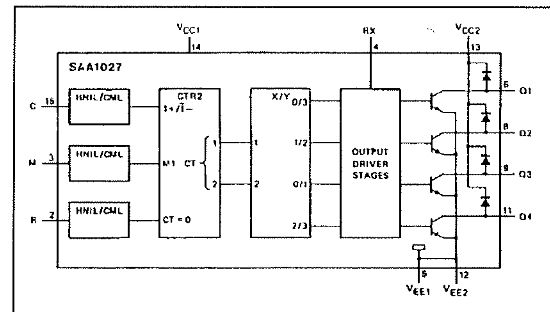
Het intern schema van de SAA1027 is voorgesteld in figuur 4/5.1.10-8. Het IC heeft drie ingangen voor de digitale besturing en vier open-collector uitgangen voor de besturing van de vier spoelen van de stappenmotor.

Aansluitgegevens

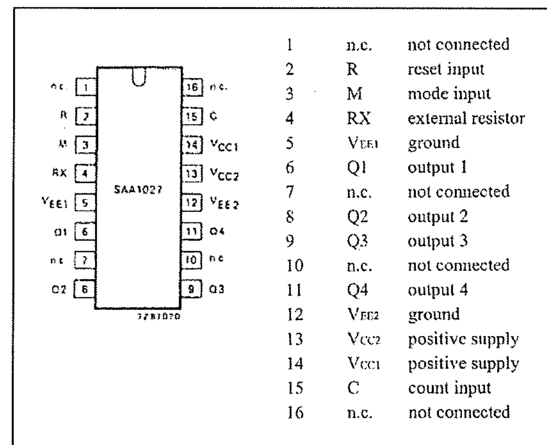
Het IC is ondergebracht in een DIL-16 behuizing, de aansluitgegevens en de functie van de zestien pennen volgen uit figuur 4/5.1.10-9.

Het schema van de besturing

Het schema rond de SAA1027 is getekend in figuur 4/5.1.10-10 en is de eenvoud zelve: er zijn maar twee weerstanden en één condensator noodzakelijk. Een en ander is werkelijk zo eenvoudig dat een onderdelenlijst achterwege kan blijven.

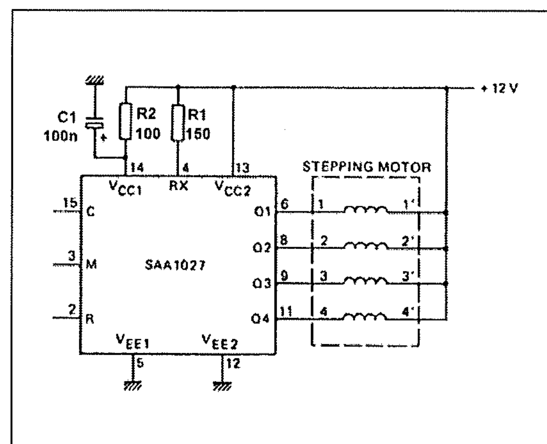


Figuur 4/5.1.10-8: Blokschema van de SAA1027driver.



1	n.c.	not connected
2	R	reset input
3	M	mode input
4	RX	external resistor
5	V_{EE1}	ground
6	Q1	output 1
7	n.c.	not connected
8	Q2	output 2
9	Q3	output 3
10	n.c.	not connected
11	Q4	output 4
12	V_{EE2}	ground
13	V_{CC2}	positive supply
14	V_{CC1}	positive supply
15	C	count input
16	n.c.	not connected

Figuur 4/5.1.10-9: De aansluitgegevens van de SAA1027.

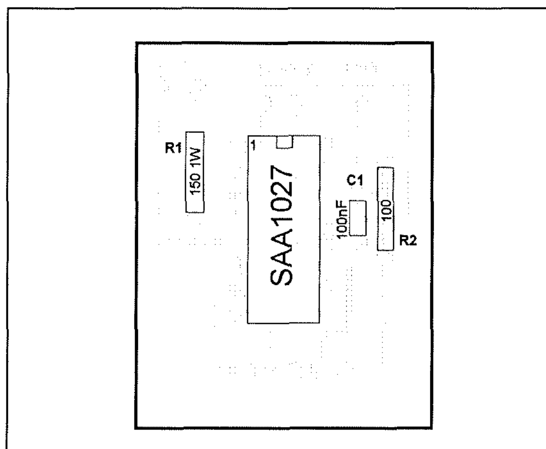


Figuur 4/5.1.10-10: Het basisschema rond de SAA1027 voor het besturen van één stappenmotor.

5.1 Een universele robot

De stappenmotor besturing in de praktijk

Ook voor deze schakeling hebben we een printje ontworpen dat is getekend in figuur 4/5.1.10-11 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.1.10-12.



Figuur 4/5.1.10-12: De componentenopstelling van de print.

Werken met de print

Aan de hand van de componentenopstelling zullen we de functies van de diverse aansluitpennen nader onder de loupe nemen. De vier spoeluitgangen vinden we aan de onderzijde van de print. Bovenaan treffen we de voeding aan. De draairichting en de pulsingang vinden we aan de andere zijde.

Met de linker weerstand van 150 Ω begrenzen we de spoelstroom op een veilige waarde. Deze weerstand moet wel een 1 W uitvoering zijn. De draairichting besturen we direct vanuit een digitale uitgang. Met BEEP bepalen we het aantal stappen.

Het besturingsprogramma

Hoe eenvoudig het is om met ons "apentaaltje" mooie mechatronica aan te sturen blijkt wel uit het programma van figuur 4/5.1.10-13.

```
'aansturing SAA1027

define omkeer port[16]

#opnieuw

omkeer = OFF 'linksom
beep 100,20,0 '500 stappen

omkeer = ON 'rechtsom
beep 100,20,0 '500 stappen

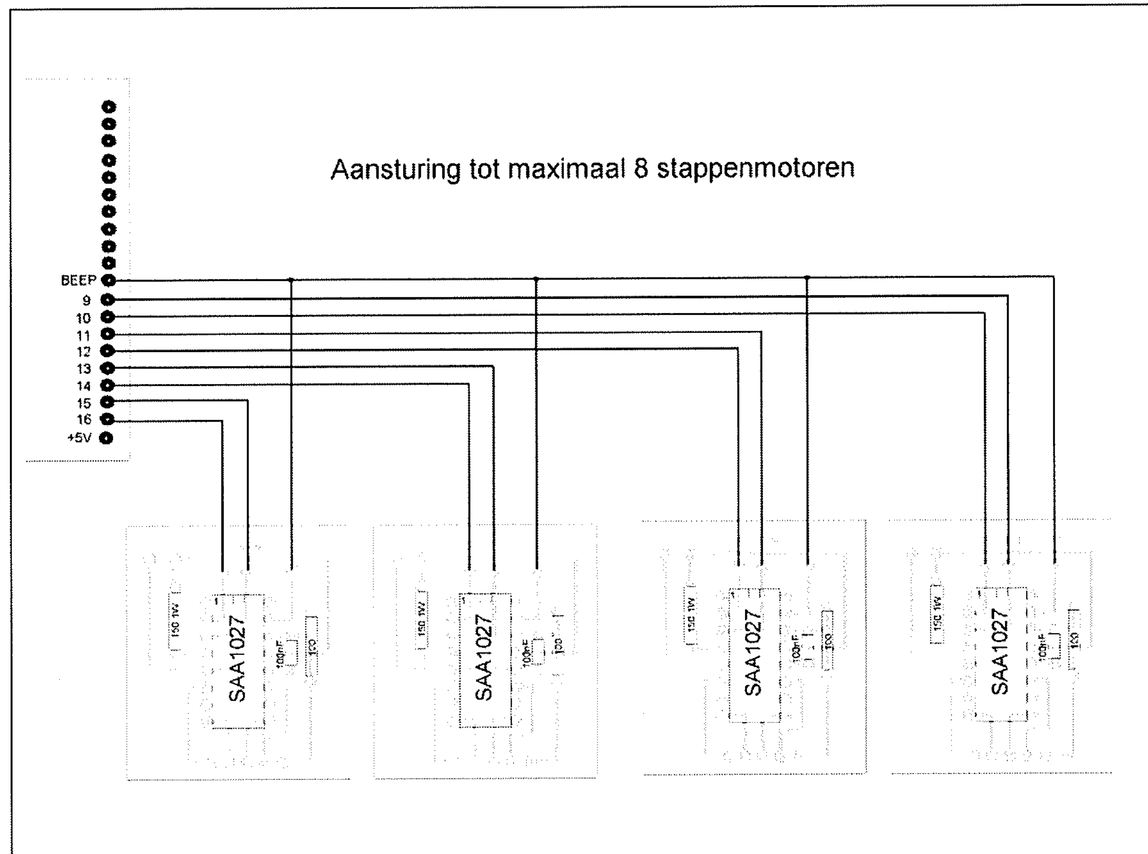
goto opnieuw
```

Figuur 4/5.1.10-13: Het programma voor het aansturen van één stappenmotor.

Uitbreiding naar vier motoren

Een kind kan de was doen. Of toch niet? Eén stappenmotor, is dat alles? Nee, want we kunnen op een heel eenvoudige manier tot maximaal acht stappenmotoren met onze microprocessor besturen. Op de SAA1027 zit nog namelijk een handige voorziening op aansluiting 2. Dat is de RESET-aansluiting. Zolang die laag is, staat de teller stil. De BEEP-uitgang wordt aangesloten op alle stappenmotor printjes die we willen gebruiken. Per print hebben we dan nog twee logische poorten nodig. Eén voor de richting en één om de print te resetten en daarmee de betreffende motor te stoppen. Omdat we 16 digitale uitgangen hebben kunnen totaal 8 stappenmotoren aangesloten worden en daar kan een heel complexe beweging zeer precies mee aangestuurd worden. In figuur 4/5.1.10-14 is als voorbeeld een schema getekend, waarmee we vier stappenmotoren kunnen aansturen.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.10-14: Een schema waarmee we vier stappenmotoren met onze microprocessor kunnen besturen.

Het BEEP-commando werkt op de achtergrond

Let erop dat de BEEP-functie op de achtergrond werkt. Dat wil zeggen dat de pulsen afgewerkt worden los van andere opdrachten.

Tussentijds stoppen

Tussentijds stoppen is alleen maar mogelijk door de RESET-ingang van de stappenmotorprint laag te maken. We moeten er in het programma voor zorgen dat de BEEP-opdracht afgewerkt is, voordat de RESET weer hoog gemaakt wordt.

Toepassingen van stappenmotoren

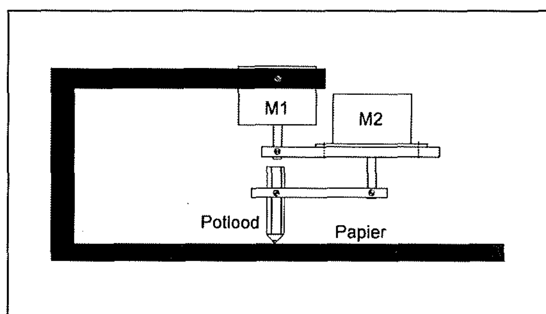
Inleiding

Het is al diverse keren opgemerkt, maar we herhalen het hier toch nog maar eens: dit project is een ***handleiding***, hetgeen wil zeggen dat wij niet alles voorkauwen, maar de lezer(es) suggesties doen om verder te experimenteren. We geven tot slot van dit hoofdstuk twee voorbeelden van mechatronica projecten die ideaal zijn om met stappenmotoren te worden uitgewerkt.

5.1 Een universele robot

Spirograaf

Een aardige toepassing met twee stappenmotoren is de spirograaf van figuur 4/5.1.10-15, een apparaatje waarmee wij mooie geometrische figuren op een vel papier kunnen tekenen. Motor 1 maakt één volledige omwenteling, anders komt het snoer van motor 2 in het gedrang. Tijdens die omwenteling roteert motor 2.

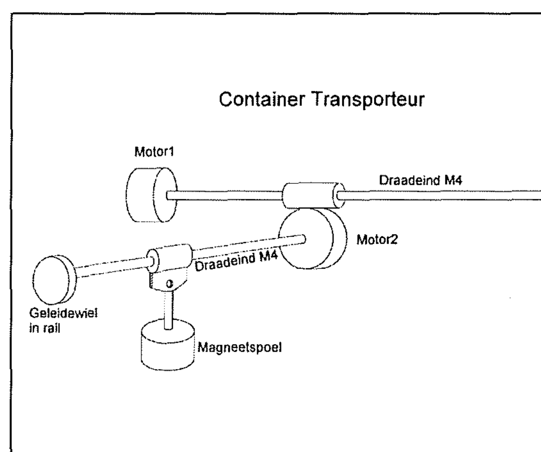


Figuur 4/5.1.10-15: De schematische opstelling voor een spirograaf.

We kunnen hierbij met succes gebruik maken van sinusfuncties om aardige repeterende figuren te krijgen. Een prachtig programmeerlesje én onmiddellijk resultaat! Mocht de stapgrootte van de motoren wat aan de groffe kant zijn, een tandwieltje ertussen verhoogt de resolutie van de tekening aanzienlijk.

Hijsportaal

Een portaal voor containertransport, zie figuur 4/5.1.10-16, heeft een vaste motor 1 die een draadeind aandrijft. Op het draadeind twee messing moertjes die in een busje zijn gesoldeerd. Aan dat busje is tevens motor 2 bevestigd. Ook motor 2 drijft een draadeind aan waarop een dergelijke bus beweegt.

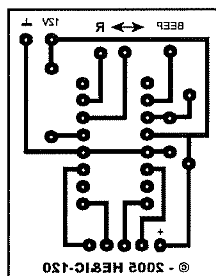


Figuur 4/5.1.10-16: Schematische voorstelling van de constructie van een container transporteur.

Aan déze bus hangt een hefmagneet. Het zal duidelijk zijn dat een stabiele mechanische uitvoering wat tijd vraagt. De afmetingen zijn vrij.

Willem H. M. van Dreumel

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.10-11: De print voor de stappenmotordriver.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

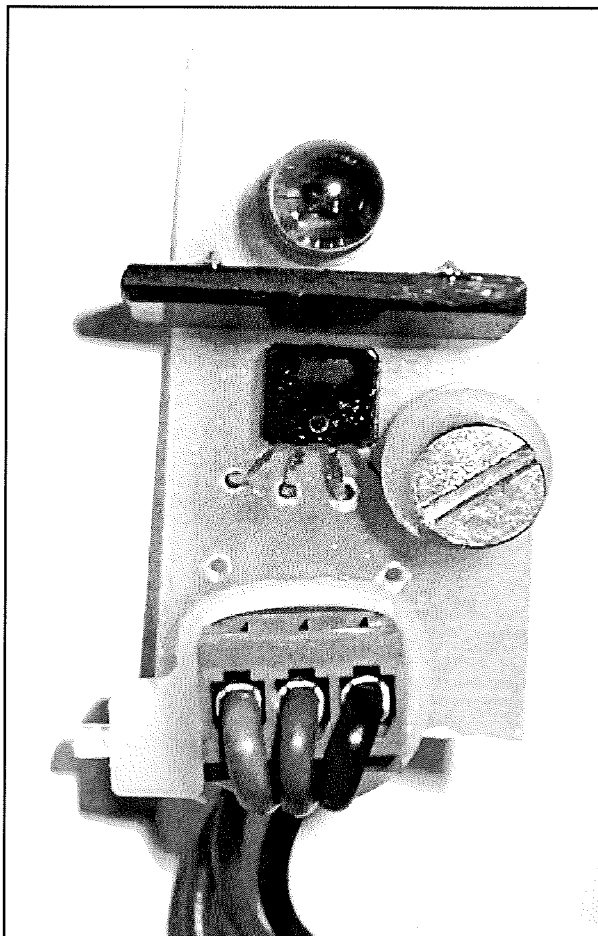
U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

4/5.1.11

De robot detecteert obstakels

Botsingen voorkomen
In hoofdstuk 4/5.1.6 hebben wij een klein sensorprintje geïntroduceerd, zie figuur 4/5.1.11-1, waarmee onze robot "ogen" kreeg.

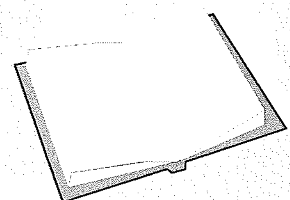


Figuur 4/5.1.11-1: Het reeds bekende sensorprintje.

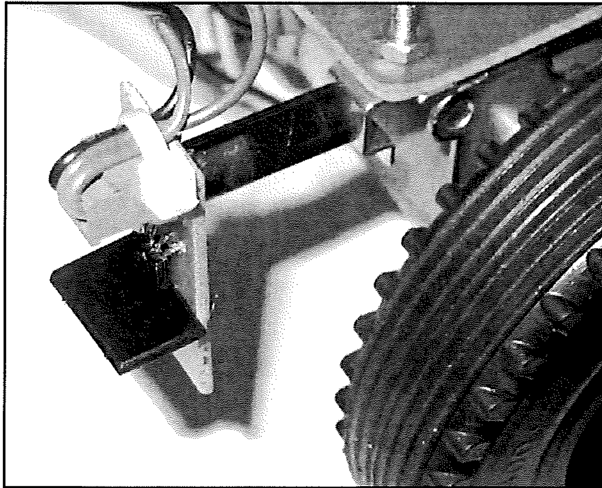
Met deze "ogen" hebben wij hem zo intelligent gemaakt, dat hij de tafelrand kon detecteren. De sensoren waren dus naar beneden gericht. Maar uiteraard is hetzelfde printje ook bruikbaar om naar voren en achteren te kijken. In dit hoofdstuk gaan we onze robot zo slim maken dat hij in staat is obstakels te ontdekken en er als het ware omheen te rijden.

Twee sensoren voor de voorwielen
Elk voorwiel wordt voorzien van een sensorprintje, zie figuur 4/5.1.11-2, en ze worden aangesloten op de digitale poorten 1 en 2. Let er vooral op dat de voeding betrokken wordt uit de 5 V bron. Een geschikte plaats om deze af te tappen is het kroonsteentje op de microprocessorprint. Een hogere spanning kan de processor beschadigen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.9



5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.11-2: De printjes worden op deze manier voor de voorwielen van onze robot gemonteerd.

De software

De aanpassing in het Basic programma is niet moeilijk. We vertellen de processor dat de poorten 1 en 2 vanaf nu als ingangen gezien moeten worden. Verder laten we het loopwerk terugdeinzen voor een obstakel. De C-Control BASIC listing is voorgesteld in figuur 4/5.1.11-3.

Programma bespreking

De structuur van dit programma is duidelijk anders dan de eerdere voorbeelden. De rij instructies “vooruit” en “terug” zijn als subroutines uitgevoerd. Vanuit het programma wordt ernaar verwezen. Dit is een van de sterke punten van Basic. Het is handig alle bewegingsmogelijkheden van het loopwerk als subroutine éénmalig te schrijven en die in elk programma via kopiëren/plakken op te nemen. Er kan dan vanuit het programma een beroep op worden gedaan. Er bestaat een vracht aan BASIC-literatuur, ook eenvoudige boekjes voor beginners. Het omzetten naar het CCBASIC-dialect is in het algemeen niet al te moeilijk.

```
' C-Control Basic
' Obstakel Detectie
'
define MotorRechts1 port[14]
define MotorRechts2 port[13]
define MotorLinks1 port[16]
define MotorLinks2 port[15]

define SensorRechts port[1]
define SensorLinks port[2]

#opnieuw
gosub vooruit
'Let wel, de naderingssensor
'is normaal hoog
if SensorRechts = OFF OR Sen-
sorLinks = OFF then gosub te-
rug

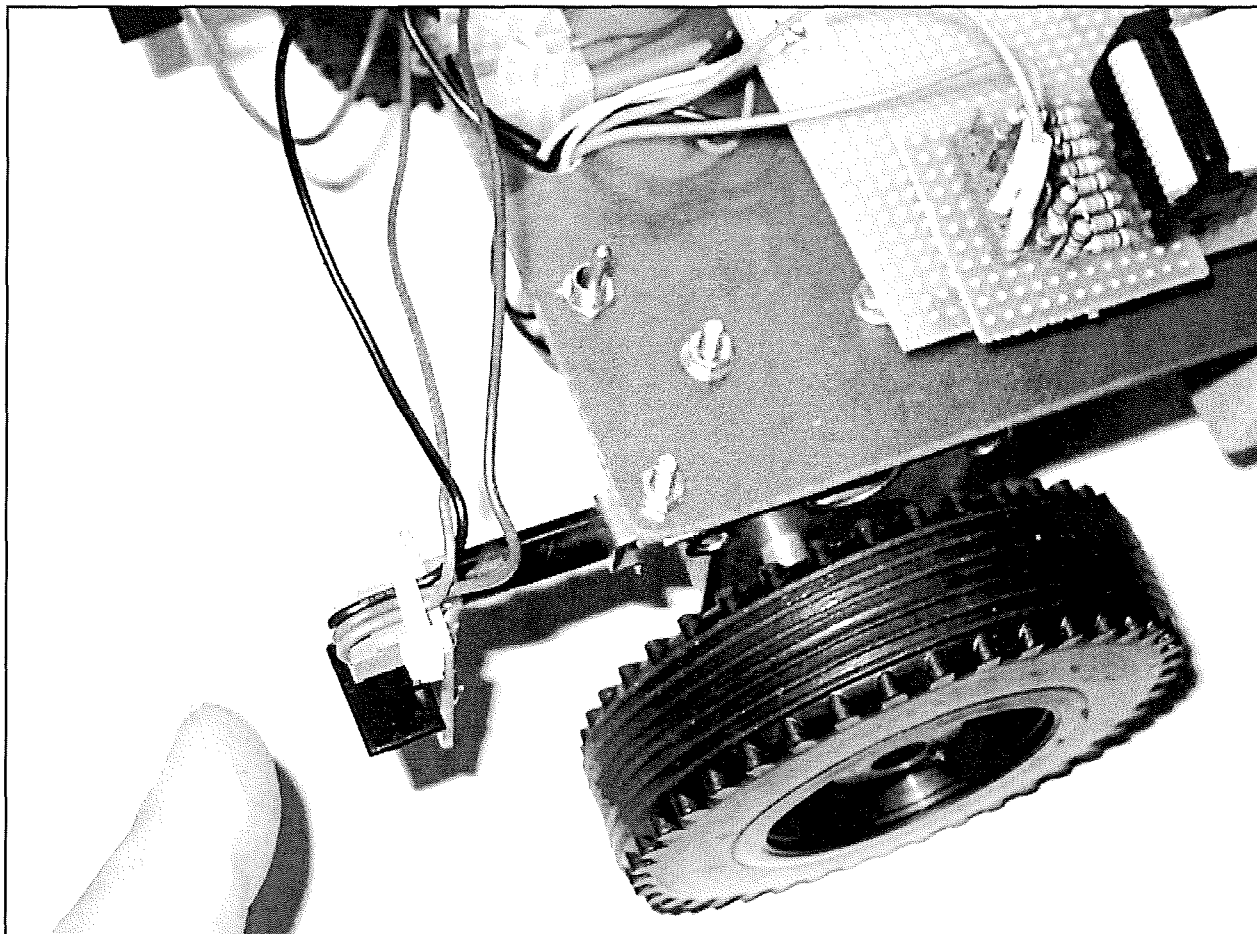
goto opnieuw

#vooruit
'Beide uitgangen hoog
'betekent vooruit
MotorRechts1 = OFF
MotorRechts2 = ON
MotorLinks1 = OFF
MotorLinks2 = ON
return

#terug
'Beide uitgangen hoog
'betekent achteruit
beep 500,30,0
MotorRechts1 = ON
MotorRechts2 = ON
MotorLinks1 = ON
MotorLinks2 = ON
pause 200
return
```

Figuur 4/5.1.11-3: De listing van het programma.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.11-4: Door één regel BASIC te verwijderen wordt onze robot een trouw hondje dat achter onze hand aanloopt.

Kleine veranderingen aanbrengen

Met een dergelijk BASIC-programma kunnen we lekker gaan stoeien, bijvoorbeeld door kleine wijzigingen aan te brengen en te kijken hoe onze robot er op reageert.

Een kleine verandering kan zelfs héél grote gevolgen hebben. Wat gebeurt er bijvoorbeeld als we de een na laatste regel:

```
pause 200
```

verwijderen?

De robot wordt een trouw hondje

Hij loopt dan niet een eindje achteruit, maar probeert een voorgehouden hand te volgen. Als de hand zich verwijdert, loopt snuffel erachter aan. Als de hand nadert doet snuffel stapjes terug, zie figuur 4/5.1.11-4.

Willem H. M. van Dreumel

5.1 Een universele robot

4/5.2

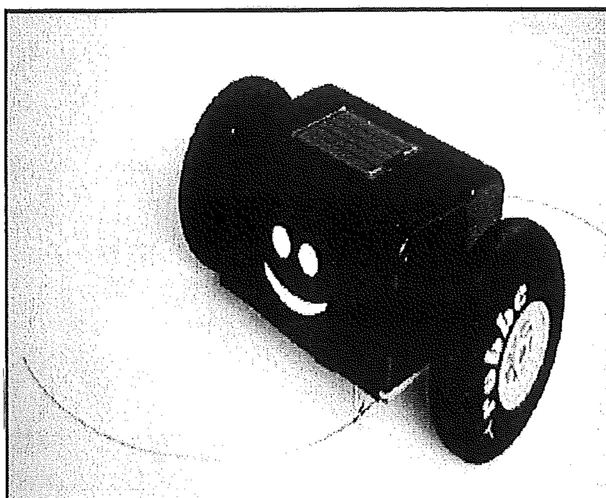
Smiley, een zonnecel gevoede robot

Inleiding

Smiley is een vrij uniek robotproject, ons voor publicatie ter beschikking gesteld door "*πtronics*".

Smiley krijgt energie van een klein zonnepaneeltje. Zijn motoren zijn gesloopt uit goedkope klokjes, aangepast om een stuk sneller te lopen dan normaal. De wielen zijn van een type dat wordt gebruikt voor het onderstel van modelvliegtuigen. Hij "voelt" zijn weg met 0,3 mm staaldraad, gebogen in cirkelbogen met het tegenoverliggende wiel als middelpunt, zie figuur 4/5.2-1. Via twee "ogen" zoekt hij zijn weg naar een lichtbron.

Smiley is het eerste robotontwerp met slechts één IC en één transistor als "verstand".



Figuur 4/5.2-1: Het prototype van Smiley.

Smiley's gedrag

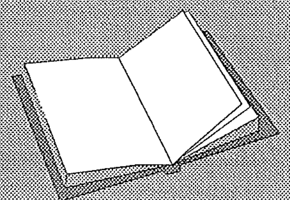
Smiley's gedrag is gebaseerd op drie regels:

- Als geen van beide voelsprieten contact maakt, zullen de motoren de "ogen" volgen. Smiley beweegt in de richting van het meeste licht, terwijl hij schaduwen ontwijkt. De ogen zijn aan de voor- en de achterkant van de robot aangebracht en de robot beweegt zich in de richting van het "oog" dat het meeste licht opvangt.
- Als een van de voelsprieten een obstakel raakt, zal Smiley "de muur volgen" in de richting van het beste licht.
- Als beide voelsprieten contact maken, zal de robot proberen een van de twee obstakels uit de weg te duwen.

Het ontwijken van hindernissen

Smiley beweegt zich niet in de richting die men zou verwachten, maar haaks erop, in halve cirkels rond het stilstaande wiel. De

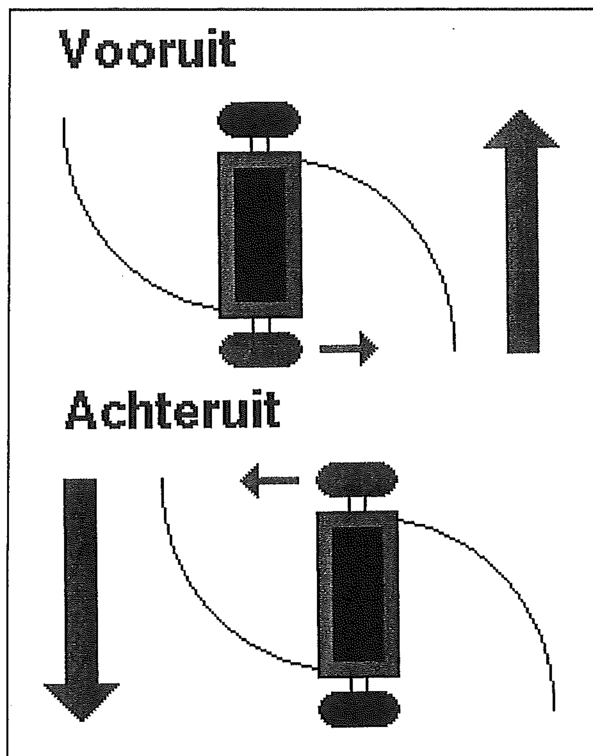
LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1



5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot

voelspriet achter het draaiende wiel kan daarbij geen (nieuw) obstakel raken, want ook de sprieten beschrijven cirkelbogen met het tegenoverliggende wiel als middelpunt.

Deze twee basisbewegingen zijn voorgesteld in figuur 4/5.2-2.



Figuur 4/5.2-2: De twee bewegingen van Smiley.

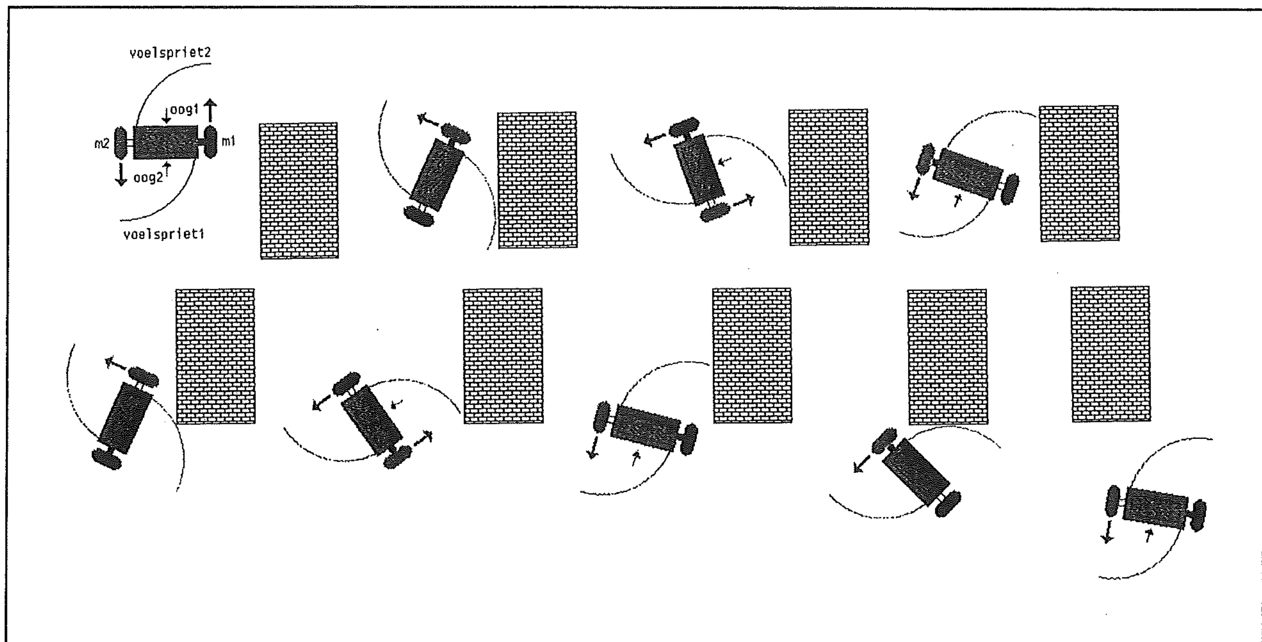
Denk er aan dat er twee externe invloeden zijn die de beweging van Smiley beïnvloeden:

- het omgevingslicht;
- eventuele hindernissen.

In figuur 4/5.2-3 zijn de negen sequenties van zo'n ontwijking getekend, van links naar rechts en van boven naar beneden.

- De motoren komen uit klokjes, dus beide motoren kunnen alleen kloksgewijs draaien. Als oog2 meer licht ziet dan oog1, dan draait m2. De motor stopt zodra oog1 meer licht ziet dan oog2. Op dat moment begint m1 te draaien, zodat Smiley zich in de richting van het meeste licht beweegt, terwijl hij voortdurend in een volle cirkel om zich heen kijkt.
- De ogen sturen de motoren, tenzij een voelspriet tegen een obstakel wordt gedrukt. Voelspriet1 laat m1 draaien, voelspriet2 activeert m2. Doordat beide voelsprieten een cirkelboog vormen met als middelpunt het tegenoverliggende wiel, kan de robot soepel uitwijken voor elke hindernis waar de voelsprieten vat op hebben.
- Doordat oog2 meer licht zag dan oog1 heeft m2 de robot naar het obstakel gedraaid. Voelspriet1 maakt contact, m2 stopt en m1 begint te werken. Ook als de voelspriet wat minder nauwkeurig is gevormd zal de robot correct uitwijken. De motoren werken dan afwisselend, zodat de voelspriet contact houdt tot hij helemaal vrij is van het obstakel.
- Zodra de voelspriet vrijkomt, drukt m2 hem weer tegen het (lage) obstakel, want oog2 ziet nog steeds het meeste licht. De robot draait zo dicht mogelijk langs de muur, tot oog2 in de schaduw gaat.
- Op dat moment brengt m1 de robot wat verder naar de hoek van het obstakel...
- ...tot voelspriet2 contact maakt.
- M2 neemt het over en de draaibeweging langs het obstakel herhaalt zich.
- Dit keer zal de robot de hindernis passeren.
- Op zoek naar de kortste weg gaat hij zo dicht mogelijk langs het obstakel.
- In het laatste plaatje is de robot vrij van de hindernis en vervolgt zijn weg naar het licht.

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot



Figuur 4/5.2-3: De manier waarop Smiley omgaat met hindernissen.

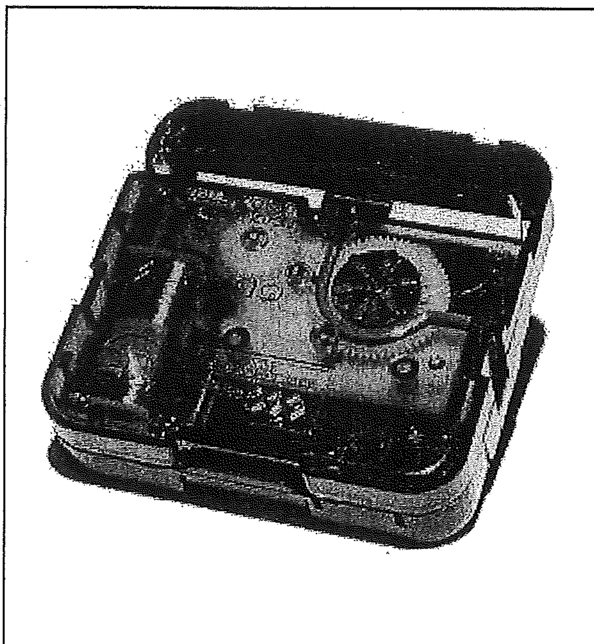
De motoren

Zoals reeds geschreven maakt Smiley gebruik van de stappenmotoren die men in de elektrische klokjes aantreft die tegenwoordig voor een paar Euro worden aangeboden. In de klok wordt het spoeltje van de stappenmotor aangedreven door een één seconde puls. Het maakt daarbij niet uit welke aansluiting van de spoel positief of negatief is, de spoel drijft de as van de klok steeds in maar één richting aan. Het spoeltje wordt uiteraard door de elektronica van Smiley aangedreven. Vandaar dat de motor eerst uit het klokje moet worden gesloopt en enigszins gemodificeerd. Hoewel iedere klok natuurlijk een eigen soort constructie heeft, werken alle goedkope klokjes op dezelfde manier.

Figuur 4/5.2-4 toont zo'n klokje vóór de behandeling. Open de behuizing met een schroevendraaier. Steek hem vanaf de voorzijde tussen de kliksluitingen. Probeer het doorzichtige plastic zo min mogelijk naar buiten te drukken; in plaats daarvan moet de zwarte plastic haak iets naar binnen worden gedrukt, zodat de doorzichtige clip bijna zonder wrikken passeert.

Al voor het klokje wordt geopend is de constructie duidelijk te zien. Open het klokje in deze stand, want de onderdelen liggen er los in. Alleen het tandwiel waarmee de klok gelijk wordt gezet blijft stevig in het deksel zitten. Haal eerst het tussenwiel en de as van de secondenwijzer er uit. Neem de stappenmotor plus chassis en print uit de kast; ze vormen een geheel. Frees de printbaan tussen de chip (zwarte bobbel) en het rechtse contact voor de spoel voorzichtig door. Bij gebrek aan een frees lukt het ook wel met een scherp mesje. Soldeer twee dunne geïsoleerde draadjes (lengte circa 12 cm) aan de contacten voor de spoel, uiteraard zonder de aansluitdraden van de spoel los te maken. Verschillende kleuren zijn niet nodig, want de spoel heeft geen plus- en minkant. De draairichting van de stappenmo-

tor wordt mechanisch bepaald. Snij met een scherm mes 5 mm van het tandwiel van de urenwijzer af, zodat de minutenwijzer straks vrij uit het huis steekt. Anders kunnen de wielen van de robot niet ver genoeg op de assen worden geschoven. De behuizing met het tandwiel van de urenwijzer kan nu weer op zijn plaats. Zowel het tussenwiel als de contacten kunnen in de rommeldoos. Ze hebben in de robot geen functie. Boor in het doorzichtige deksel een gat van 3 mm voor de draadjes, ter hoogte van de spoel. Zet het klokje weer in elkaar en controleer de mechanische werking, door tijdelijk de secondewijzer te plaatsen en met de hand rond te draaien. Zaag tot slot het batterijvak af. De foto van figuur 4/5.2-5 toont het resultaat van de behandeling. Alleen de as van de minutenwijzer steekt er nog zichtbaar uit.

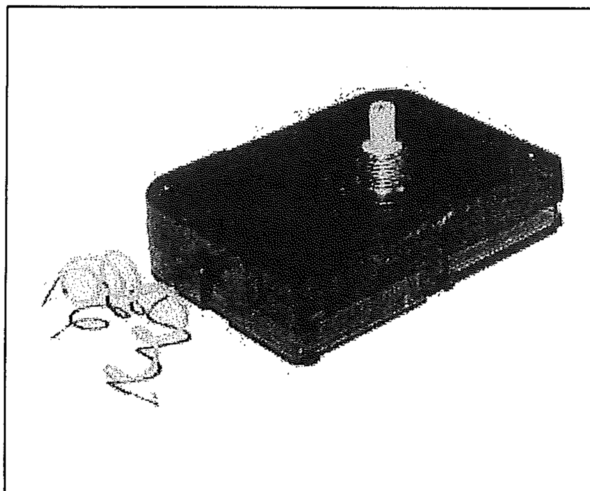


Figuur 4/5.2-4: Het klokje waaruit een motor van Smiley wordt geconstrueerd.

De elektronica

De motoren uit de klokjes zijn stappenmotoren en moeten gevoed worden met korte pulsjes. De besturingselektronica moet dus een eenvoudige pulsgenerator hebben die de pulsen genereert voor het aansturen van de twee motoren. Beide motoren moeten zowel door de "ogen" als door de mechanische botsingssensoren bestuurd worden.

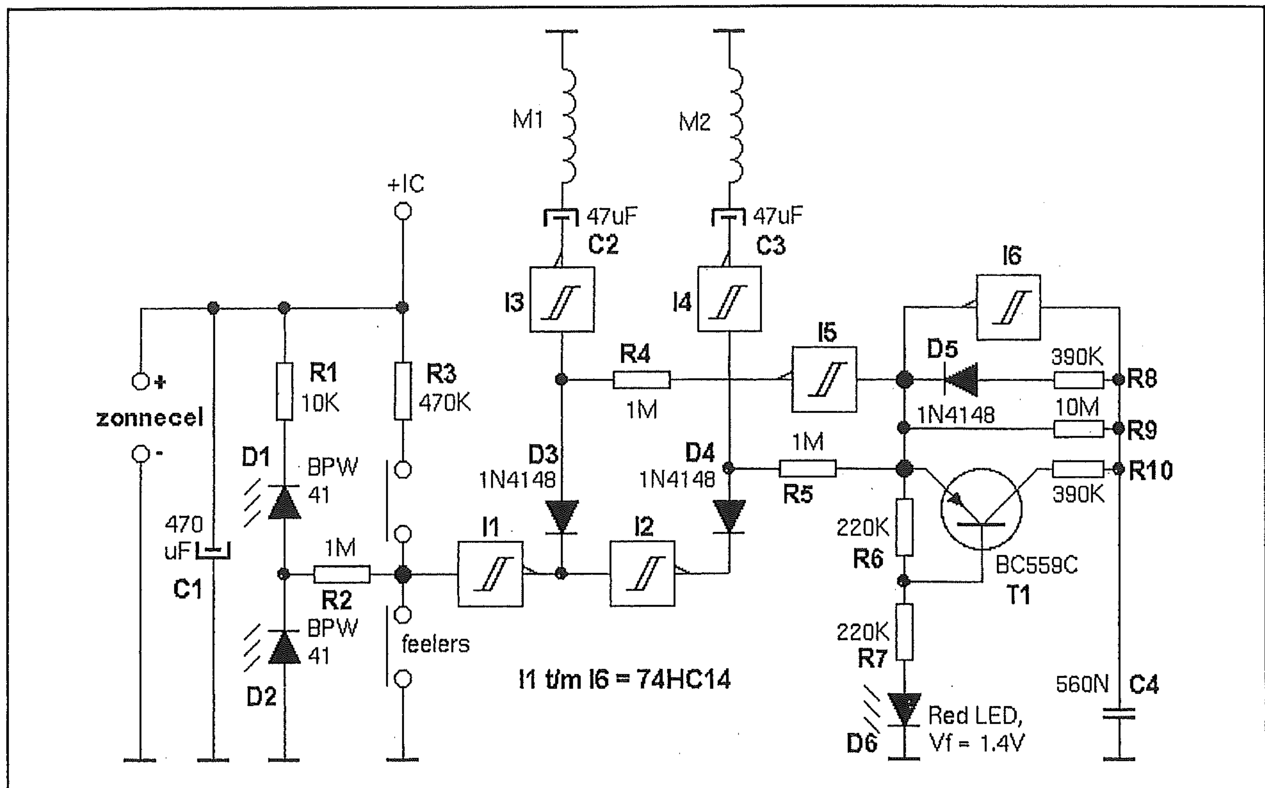
Lijkt bijzonder ingewikkeld, maar de ontwerper is er in geslaagd alle functies uit te voeren met één IC en één transistor.



Figuur 4/5.2-5: Het uurwerk is omgebouwd tot zéér goedkope stappenmotor voor de aandrijving van Smiley.

Het volledig schema van de elektronica van Smiley is voorgesteld in figuur 4/5.2-6. Smiley's hart is de generator opgebouwd rond de schmitt-trigger/inverter I6 en de transistor T1, rechts in het schema. Dit is in feite een spanningsgestuurde pulsgenerator, waarvan de frequentie afneemt als de voedingsspanning daalt. Dat is noodzakelijk omdat Smiley wordt gevoed uit een zonnecel en er in schemering erg weinig vermogen ter beschikking van de motoren staat.

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot



Figuur 4/5.2-6: De volledige elektronica van Smiley.

Om ook bij schemering Smiley toch iets te laten doen wordt de frequentie waarmee de motoren worden aangestuurd verlaagd als de zonnecel weinig spanning afgeeft. Op deze manier kan de weinige zonne-energie die in de reservoircondensator C1 wordt opgeslagen toch af en toe voldoende vermogen leveren om de motoren aan te sturen. Wanneer het zonnepaneeltje weinig licht krijgt zal de voedingsspanning dus dalen. De generator reageert door het verlagen van de frequentie, waardoor de gemiddelde stroomopname van de actieve motor ook afneemt. Bij 2 V is de frequentie circa 0,5 Hz, zodat Smiley nog maar heel langzaam vooruitkomt. Zijn stroomverbruik zakt dan echter wel tot 75 µA. Bij 2,2 V is de frequentie ongeveer 5 Hz. De snelheid waarmee de motoren worden gestuurd is dan tien keer zo hoog, het stroomverbruik loopt op tot meer dan 600 µA. Als men duidelijk tikkende klokjes gebruikt, wordt Smiley's enthousiasme over beter licht goed hoorbaar! De maximaal bereikbare snelheid hangt af van de klokjes. Wordt de frequentie te hoog voor de stappenmotor, dan zal hij niet meer betrouwbaar kloksgewijs draaien. De klokjes in het prototype waren goed tot ongeveer 10 Hz, twintig keer de normale snelheid. Met op de as van de grote wijzer een wiel met een diameter van 57 mm wordt dan een topsnelheid van ongeveer 6 cm/min bereikt. Ok, een slakkengang, maar het is een duidelijk zichtbare beweging. Een schmitt-trigger I1 verwerkt het signaal afkomstig van de voelsprieten en de BPW41 fotodioden D1 en D2. Dankzij de uitstekende eigenschappen van de BPW41 (gebruik geen andere fotodioden!) beweegt Smiley in de richting van het beste licht, vrijwel onafhanke-

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot

lijk van de totale lichtsterkte. De twee dioden D3 en D4 trekken het uitgangssignaal van de pulsgenerator naar de massa als de ingangsschakeling daarom vraagt. Stel dat er veel licht invalt op de diode D2. De linker aansluiting van R2 wordt dus naar de massa getrokken. De ingang van de eerste schmitt-trigger I1 gaat ook naar "L" en zijn uitgang wordt dus "H". Diode D3 spert, waardoor het signaal van de pulsgenerator, aangevoerd via R4, de ingang van de schmitt-trigger I3 kan bereiken. Deze motor word dus gestuurd. De hoge uitgang van I1 wordt geïnverteerd door I2. Het gevolg is dat de uitgang van deze inverter "L" wordt. Diode D4 gaat geleiden en trekt de ingang van I4 naar "L". De uitgang van I4 wordt "H". Motor M2 wordt dus niet gestuurd. Op dezelfde manier reageert de schakeling als de "feelers" oftewel de voelsprieten hun contacten sluiten. Om de hoge spanningen die op de uitgangen van I3 en I4 kunnen voorkomen te scheiden van de motorspoelen zijn de condensatoren C2 en C3 tussengeschakeld. Deze laten de pulsen door, maar sperren de gelijkspanningen.

Opmerking
Wie andere klokjes gebruikt zal waarschijnlijk moeten experimenteren met verschillende waarden voor de condensator en de 390 kΩ weerstand in de pulsgenerator. De spanningsval over de rode LED moet 1,4 V zijn (meten als de LED aan is), althans voor de klokjes in het prototype. Veel rode LED's hebben een hogere "forward voltage."

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	10 kΩ	
R2,R4,R5	1 MΩ	
R3	470 kΩ	
R6,R7	220 kΩ	
R8,R10	390 kΩ	
R9	10 MΩ	

CONDENSATOREN

C1	470 µF	6 V print-elco
C2,C3	47 µF	6 V print-elco
C4	560 nF	MKH

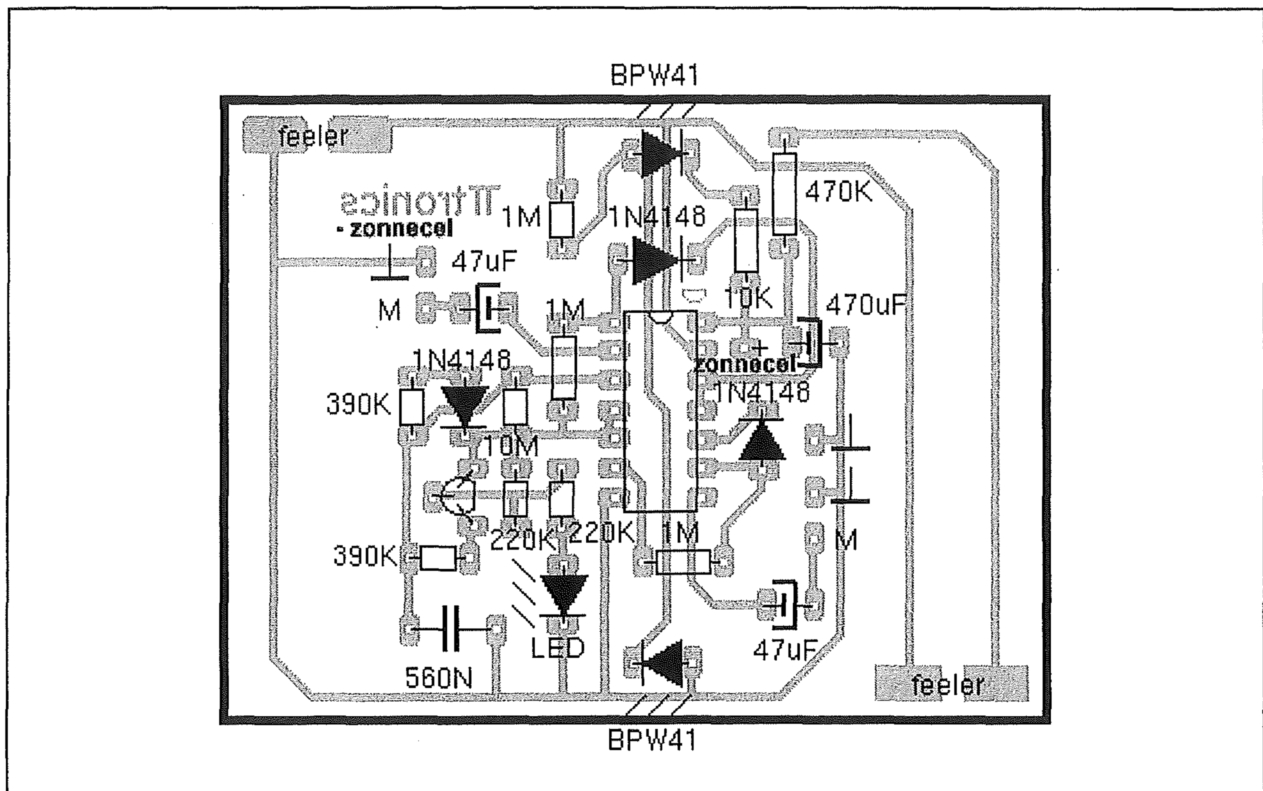
HALFGELEIDERS

D1,D2	BPW41
D3,D4,D5	1N4148
D6	RED, rood, Uf=1,4 V
T1	BC559C
IC1	74HC14

DIVERSEN

2	elektrische klokjes
1	zonnecel Panasonic BP243318
2	wieltjes voor onderstel modelvliegtuigen

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot



Figuur 4/5.2-8: De componentenopstelling van Smiley.

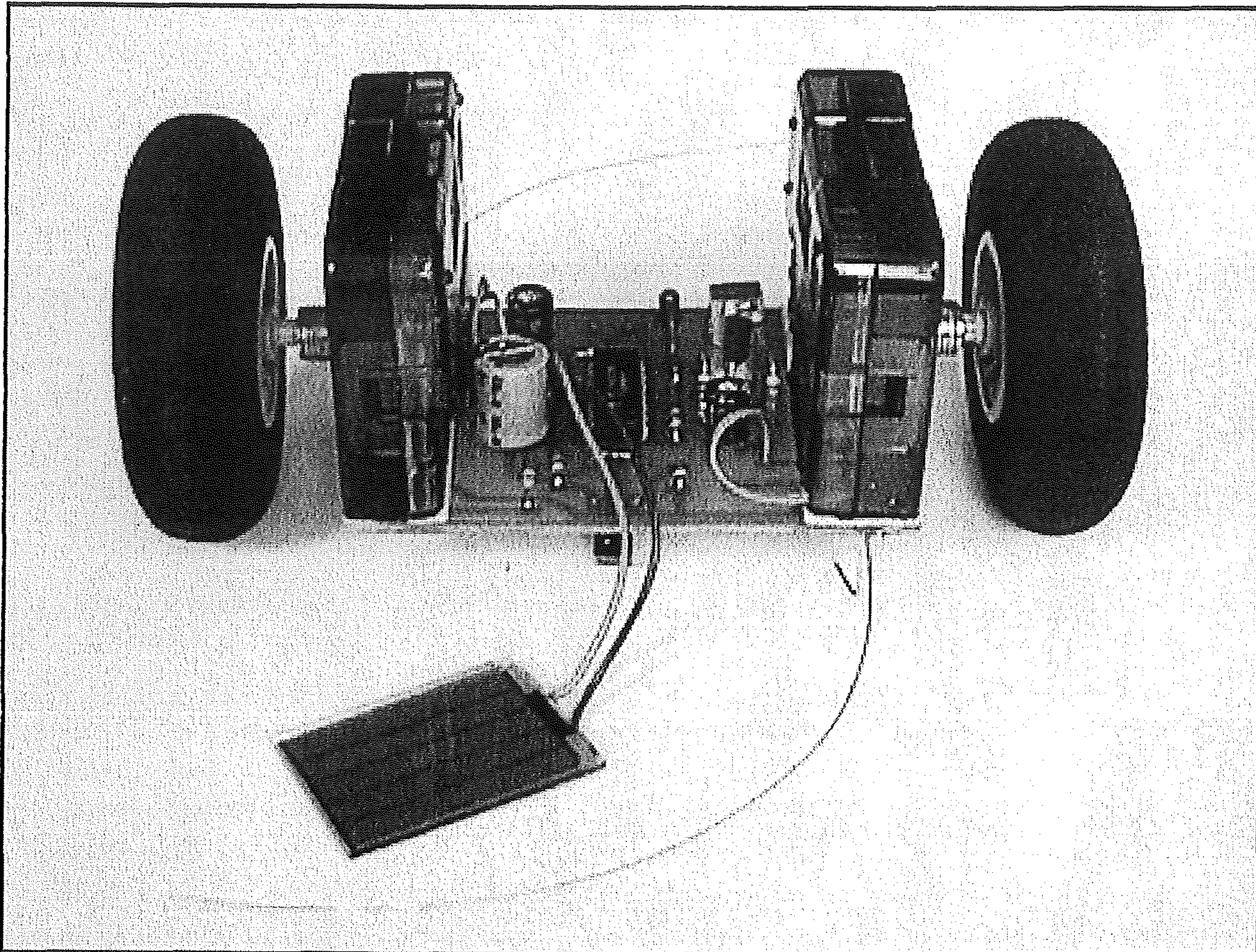
De bouw van de robot

Alle onderdelen, inclusief de twee motoren, kunnen op de in figuur 4/5.2-7 op de laatste pagina van dit hoofdstuk voorgestelde print worden gemonteerd. Gebruik dubbelzijdig plakband om de klokjes vast te zetten op het printplaatje. Schuif stukjes krimpkous op de (minuten)assen van de klokjes, gevolgd door de wielen. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/5.2-8. De fotodioden zijn aan de onderkant van de print gesoldeerd en kijken onder een hoek van ongeveer 45 graden omlaag. Daardoor valt het zonlicht er niet rechtstreeks op en beweegt Smiley zich beter naar een lichtbron toe. De behuizing is gemaakt van zwart karton, vastgezet met een klein stukje dubbelzijdig tape. De zonnecel wordt uiteraard op de bovenkant van deze behuizing vastgelijmd. De foto van figuur 4/5.2-9 geeft een impressie van de compleet gemonteerde robot.

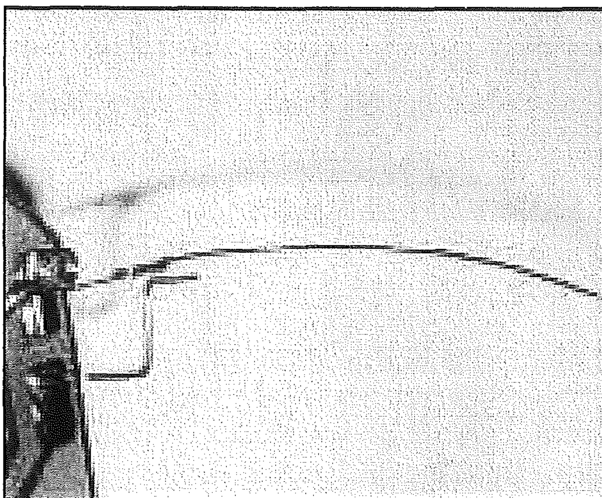
De mechanische sensoren

Tot slot een paar zinnen over de montage van de twee voelsprieten oftewel de mechanische sensoren. Op de print zijn vier rechthoekige koperen vlakjes aangebracht waarmee men de schakelaars moet maken. Hoe dat gaat is voorgesteld in figuur 4/5.2-10. Op één vlakje wordt de lange voelspriet gesoldeerd, op het tweede vlakje een klein stukje draad uit hetzelfde metaal als de voelspriet. Nadien kan men dit voorzichtig zó verbuigen dat de voelspriet er contact mee maakt als de spriet tegen een hindernis botst.

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot



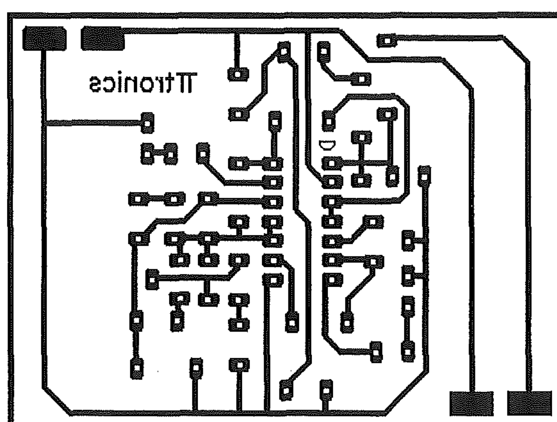
Figuur 4/5.2-9: De eerste Smiley!



Figuur 4/5.2-10: De constructie van de voelsprieten.

Aan deze constructie moet men de nodige aandacht besteden. Immers, de werking van de robot hangt er volledig van af! Hoe smaller de "luchtspleet" tussen de twee metaaldraadjes, hoe sneller de robot reageert op een hindernis. Bovendien moet het kleine draadje zó worden verbogen dat een geactiveerde voelspriet er altijd contact mee maakt.

5.2 Smiley , een zonnecel gevoede robot



Figuur 4/5.2-7: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.2 Smiley, een zonnecel gevoede robot

4/5.3

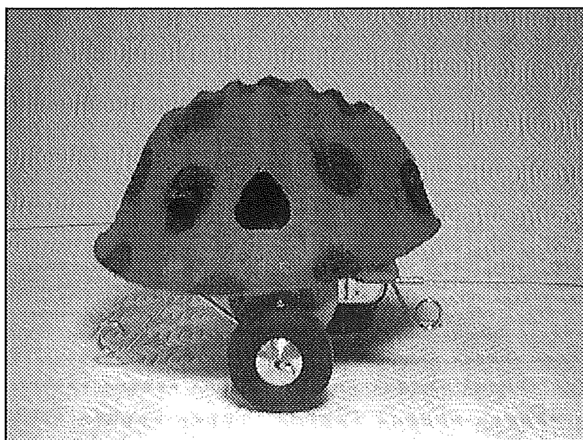
Dizzy, een robot met zintuigen

Inleiding

Een vertederende robot

Dizzy is een verdere ontwikkeling van "Smiley", de eenvoudige robot die in hoofdstuk 4/5.2 is besproken. Ook dit ontwerp werd ons ter beschikking gesteld door "πtronics".

Het is bijna vertederend om Dizzy, zie figuur 4/5.3-1, in zijn terrarium te zien rondscharrelen. Een eerste indruk is dat hij zomaar wat aanklungelt. Toch is zijn gedrag volledig gedetermineerd door de vaste reacties die zijn microcontroller geeft op zijn omgeving aan de hand van een aantal ingebouwde sensoren, de "zintuigen".



Figuur 4/5.3-1: De zéér intelligente robot Dizzy.

Anatomie

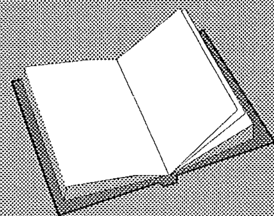
Dizzy is een tweewielige robot. Twee poten houden hem in evenwicht, zie figuur 4/5.3-2. De robot kan bewegen ofwel door beide wielen tegelijkertijd in tegengestelde richting te laten draaien, zodat hij omwentelingen om zijn as maakt, ofwel door één van de twee wielen te laten draaien, waardoor hij een cirkelbeweging maakt. Door afwisselend zijn rechter en linker wiel in dezelfde richting te laten draaien, rijdt hij vooruit.

Zintuigen

Dizzy heeft vijf verschillende "zintuigen" voor de waarneming van obstakels, accuspanning, laadstroom, gemoduleerd infrarood licht, daglicht en duisternis, beweging om hem heen en zijn eigen beweging. Dizzy merkt het altijd als hij vastzit. Dat alleen al maakt hem veel intelligen-

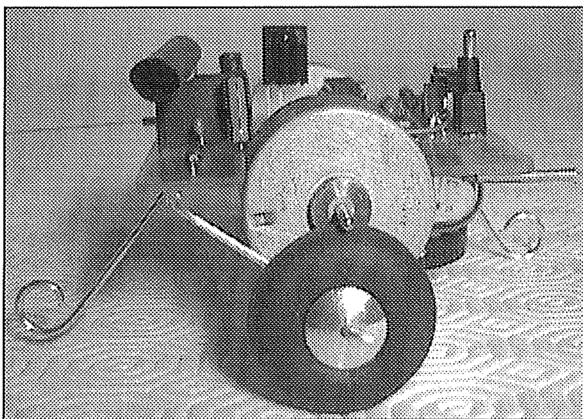
LEES OOK:

Hoofdstuk 4/5.2



ter dan bijna alle andere kleine robots. Dizzy heeft vijf sensoren, die de vijf zintuigen van het apparaat voorstellen:

- twee voelsprieten die obstakels waarnemen;
- een spanningsmeter die de spanning van de accu in de gaten houdt;
- een lichtsensor, waarmee de robot ziet of het dag of nacht is en bewegingen waarneemt;
- een infrarood sensor, waarmee hij zijn voedingsplaat vindt.



Figuur 4/5.3-2: De robot verplaatst zich via twee wielen en houdt zich in evenwicht via twee sleephaken die ingenieus met de wielen zijn verbonden.

Gedrag

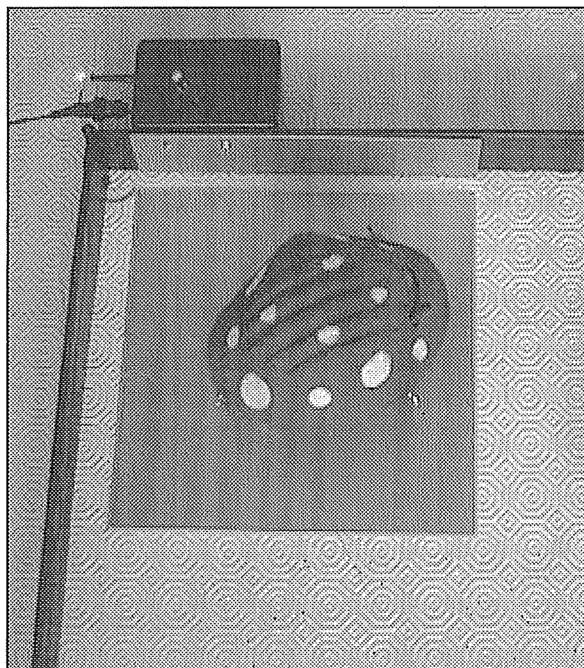
Dizzy zoekt in zijn terrarium een donkere plek van waaruit hij bewegingen kan waarnemen. Zodra hij verandering in lichtintensiteit bemerkt, zet hij eerst vier passen in de richting waarin hij keek. Dan start een in de processor aanwezig algoritme waarbij hij 360º om zijn as draait en kijkt welke richting het donkerste is. Steeds als hij een richting tegenkomt met een lagere lichtintensiteit dan de voorafgaande, start het algoritme opnieuw. Dit gaat zo door totdat hij in de richting het donkerste plekje 360º is gedraaid en dus weer in de richting van het donkerste plekje staat. Door zijn beperkte zintuigen en het feit dat hij in een terrarium zit met een beperkt oppervlak, is het niet zo dat hij precies dit patroon volgt.

Opladen van de accu

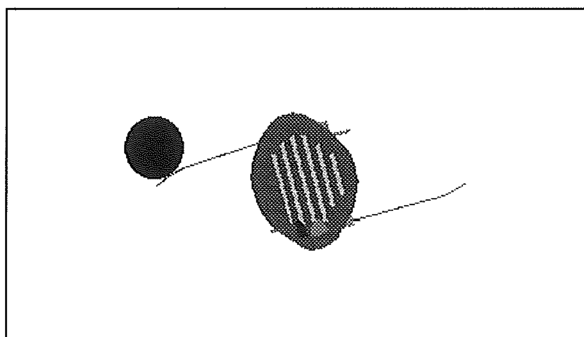
Dizzy leeft in een “terrarium”: een metalen bak met in één hoekje de voedingsbron, zie figuur 4/5.3-3. Zodra de robot merkt dat de spanning van zijn accu onder de ingestelde grenswaarde komt, gaat hij op zoek naar zijn stroombron. Bij die spanningsbron staat een infrarood zender die continu licht uitzendt op een frequentie van 33 kHz. De IR-ontvanger van Dizzy is gevoelig voor die frequentie. Als hij op zoek gaat naar zijn voedingsplaat, maakt hij zijn bekende passen. Zodra hij de IR-zender in zijn vizier krijgt, breekt hij de beweging van dat wiel af en schakelt zijn andere wiel in. Hiermee komt hij automatisch in de buurt van zijn eettafel. Daar wordt zijn voelspriet tegen de zijkant van de eettafel gedrukt. Omdat één van zijn poten dan op de voedingsplaat staat, kan zijn accu worden opgeladen. Dan begint een algoritme van 60 seconden: 50 seconden opladen en 10 seconden meten of de spanning van de accu is gestegen sinds de laatste meting. Als dit niet het geval is, is de accu blijkbaar vol en verlaat Dizzy zijn eettafel.

De acculader is verbonden met twee stukken printplaat. Een ervan maakt deel uit van de wand, de tweede ligt ernaast op de vloer van het terrarium. Wanneer een van Dizzy's pootjes en een voelspriet contact maken met de twee platen, voelt de robot laadstroom en wordt de accu automatisch opgeladen.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-3: Het "terrarium" met in de hoek de laadbron voor de accu.



Figuur 4/5.3-4: Op deze manier detecteert Dizzy obstakels met zijn twee voelsprieten.

Een spraakzame robot

Als men in zijn buurt komt, begint hij een "gesprek" in een merkwaardig eigen taaltje. Hij maakt ontdekkingsreizen door zijn "terrarium" en als hij honger krijgt, gaat hij naar zijn eettafel voor een lunchpauze van een uur of zo. Onder het eten blijft hij met veel commentaar reageren op zijn omgeving.

Beweging

Dizzy's voorbeeld in de dierenwereld is de degenkrab, een 400 miljoen jaar oude zeebewoner met een zwaardvormige staart. De robot heeft twee floretachtige voelsprieten. Al rijdend mept hij om zich heen naar obstakels, terugwijkend zodra een voelspriet contact maakt, zoals te zien in figuur 4/5.3-4.

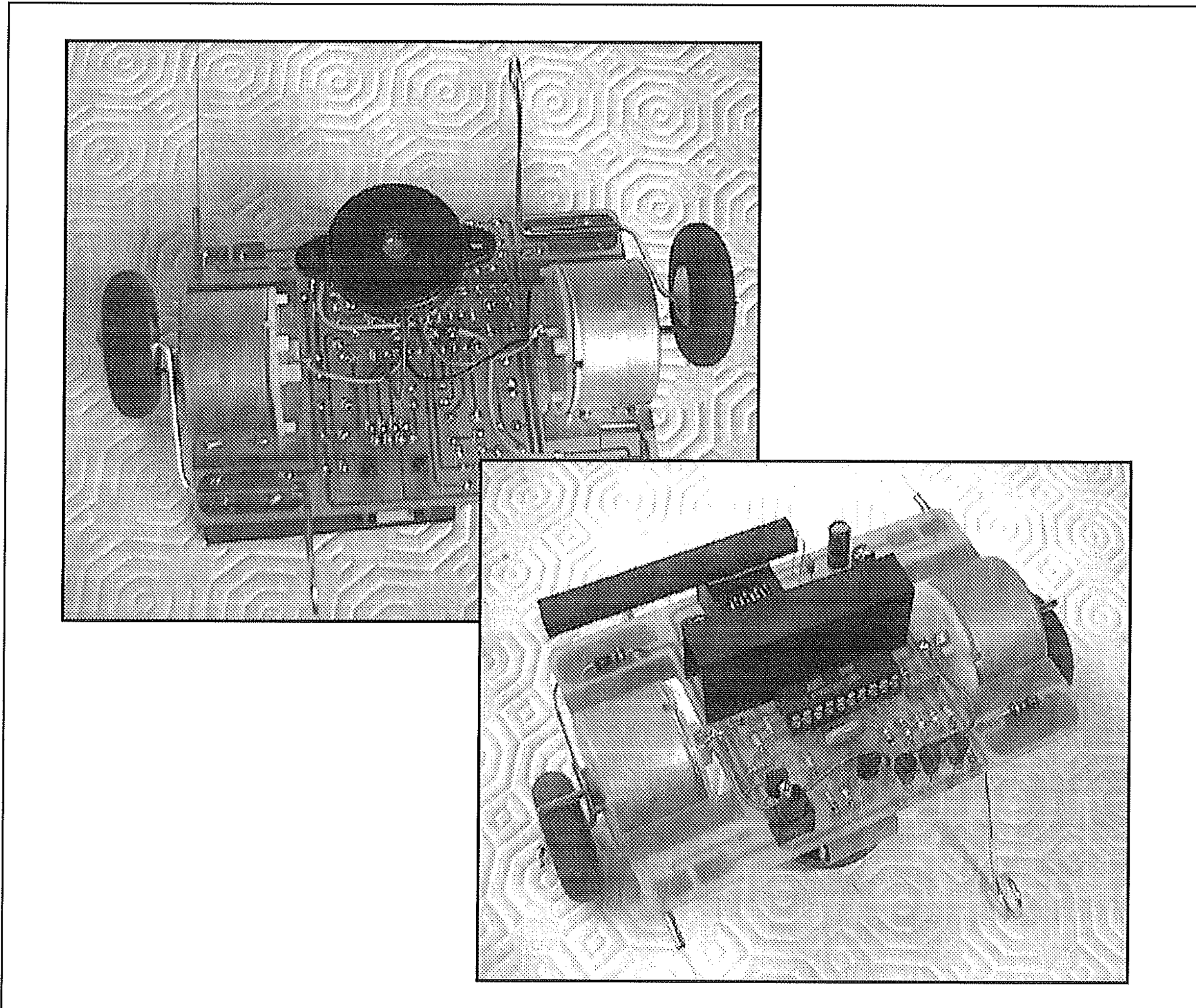
Gedrag in het donker

Als het donker wordt, valt Dizzy in slaap. Hij moet wel, want zijn belangrijkste sensor is afhankelijk van zichtbaar licht. In het donker kan hij geen beweging zien en dus niets meer doen. Men hoort alleen nog een zacht tikkend geluid. Een elektronisch gesnurk, veroorzaakt door zijn microcontroller.
Elke vier seconden ontwaakt het brein heel kort uit een energiezuinige modus, om te zien of het nog steeds donker is. In de ochtendschemering houdt het tikken op en draait de robot zich om nog even door te dommelen, tot de nieuwe dag echt is begonnen.

De taal van Dizzy

Als hij met rust wordt gelaten, houdt Dizzy zwijgend een oogje op zijn omgeving. Hij is heel gevoelig voor kleine veranderingen in lichtsterkte. Op meters afstand ziet hij met gemak een bewegende hand als hij toevallig in de goede richting kijkt. Maar ook wat er achter zijn rug gebeurt trekt al gauw zijn aandacht, via schaduwen en reflecties. Zodra zijn aandacht ergens door wordt getrokken begint hij een "gesprek" in een merkwaardig eigen taaltje, dat bestaat uit 40 verschillende woorden: vogelachtige tsjilps, kreten vol ongeduld, zo nu en dan een vrolijke lach, "bwèks" vol verveling en soms een zeurend geluid, zoals van een baby.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-5: Dizzy van de boven- en onderzijde gezien. Het ene IC in het midden van de print is de microcontroller. De zwarte pijp maakt Dizzy's oog richtinggevoelig, de zwarte kap doet hetzelfde voor zijn infrarood-ontvanger, zodat hij zijn "eettafel" kan vinden.

Meestal kiest Dizzy zijn geluiden min of meer willekeurig. Maar het menselijk brein is altijd op zoek naar patronen van oorzaak en gevolg; daardoor krijgt men al gauw het gevoel dat hij écht iets probeert te vertellen. En soms is dat nog waar ook.

Duidelijke woorden

Als hij wordt opgetild, zal Dizzy het merken en eisen weer op zijn wielen te worden gezet.

Hij zal waarschijnlijk zijn motoren gebruiken voor een ontsnappingspoging. Als men alle beweging voorkomt, geeft hij het op en hoort men een droevige, klagende kreet, die elke vijf seconden wordt herhaald. Als hij op reis door zijn terrarium vastloopt, produceert hij dezelfde kreet.

Als hij trek krijgt, probeert Dizzy zijn eettafel te vinden. Mocht zijn accu echt leegraken voor hij contact weet te maken, dan zal hij stoppen en om hulp roe-

pen, met een bescheiden "piep". Als een laadproces te lang duurt, neemt hij aan dat er iets fout gaat. Dan stopt hij het proces en roept hij om hulp met een veel dringender geluid.
Dizzy's meest gebruikelijke tekst is een enthousiaste "yelp" als een van zijn voelsprieten een obstakel raakt. Helemaal stil is hij alleen wanneer hij op weg is naar zijn eettafel.

Als Dizzy het moeilijk heeft

In zijn terrarium kan Dizzy wekenlang babbelen, eten en rondscharrelen zonder hulp nodig te hebben. Maar als hij een keer vastloopt, moet hij in een veilige hoek worden gezet. Schakel hem uit, wacht tien seconden en zet hem weer aan. Hij zal om zijn as draaien om een indruk te krijgen van licht en donker om hem heen en daarna 20 seconden lang helemaal niets doen. Gebruik de pauze om hem zijn "schild" terug te geven, als dit was verwijderd om de schakelaar te bereiken. Als Dizzy's accu leeg raakt voor hij zijn eettafel kan bereiken, moet hij ook worden uitgeschakeld. Zet hem in dat geval met de wielen op de tafel, maar voorkom contact tussen de verticale contactplaat en zijn voelsprieten! Zet hem aan. Vaak zal hij nog kans zien om zelf contact te maken. Als hij dat niet eens probeert, volg dan de speciale procedure voor de eerste lading van een nieuwe accu (zie verder).

De elektronica van Dizzy

Onder de motorkap

De intelligentie van Dizzy zit in een AT90S2313 microcontroller, zie figuur 4/5.3-5.

Het volledig schema

Ondanks het complexe gedrag van Dizzy, is de elektronica vrij eenvoudig. Het volledig schema van de robot elektronica is voorgesteld in figuur 4/5.3-6.

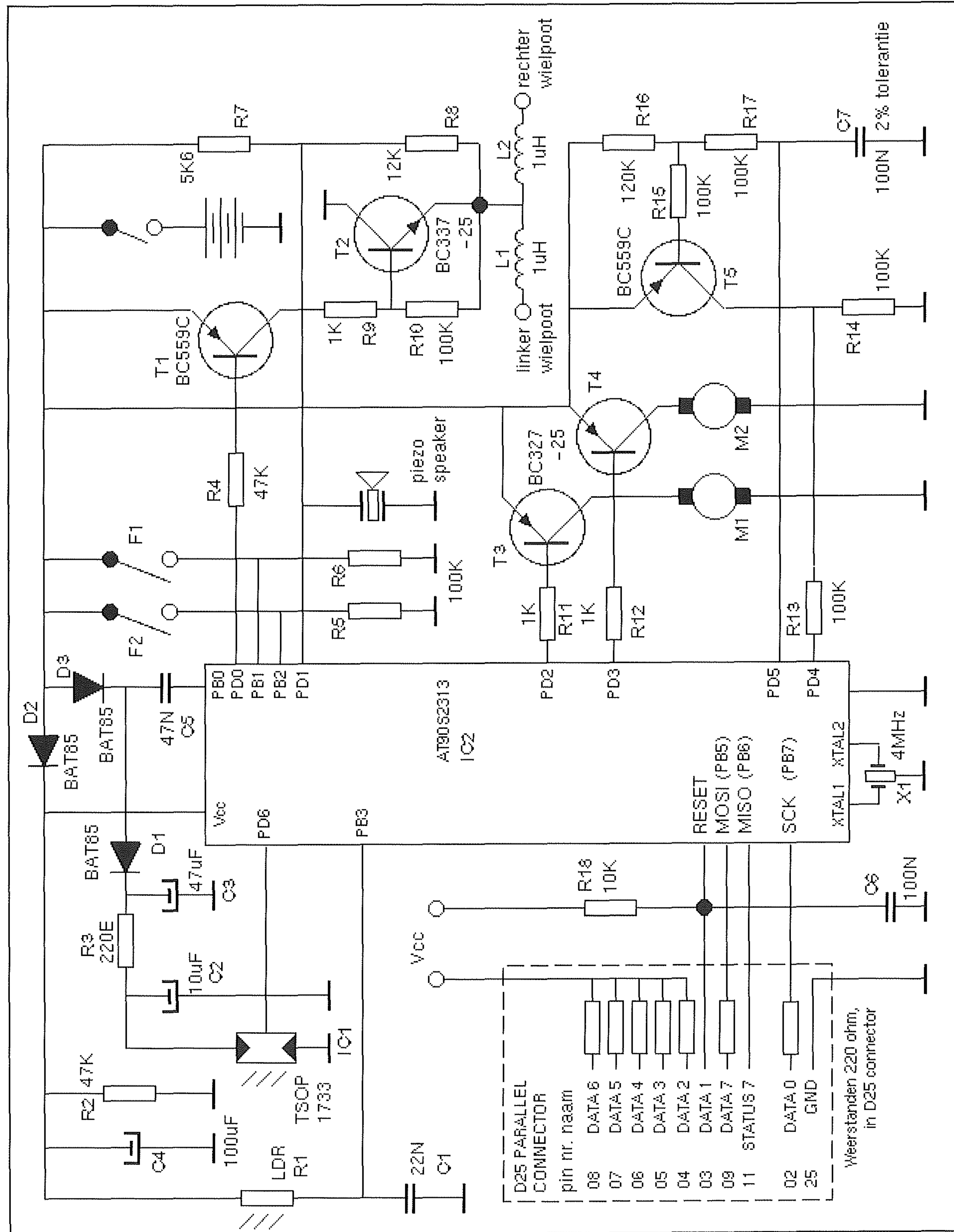
Licht wordt digitaal

Het meeste werk wordt gedaan door de software in de AT90S2313 microcontroller. Daardoor kan het "oog" bestaan uit slechts twee onderdelen: een LDR (licht afhankelijke weerstand) R1 en de condensator C1, linksboven in het schema. De lichtsterkte wordt gemeten door eerst de programmeerbare pin PB3 als uitgang te gebruiken voor het ontladen van de condensator. Dan maakt het programma een ingang van PB3 en wordt de condensator opgeladen via de LDR. De software meet hoelang het duurt voor de interne schmitt-trigger achter PB3 omklapt van "L" naar "H". Hoe langer dat duurt, hoe donkerder het is. Het bereik gaat van minder dan een milliseconde tot iets meer dan een tiende seconde. Er zijn drie metingen nodig om beweging te signaleren.
Een heel eenvoudige methode, toch zijn menselijke bewegingen bijna nooit snel of langzaam genoeg om aan het "oog" te ontsnappen.

Op zoek naar eten

Het tweede oog is IC1, een TSOP1733 infrarood-ontvanger, waarmee Dizzy zijn eettafel ziet die immers is uitgerust met een IR-baken.
De ontvanger heeft 5 V nodig. Dizzy's accu levert circa 3 V als hij honger heeft en zijn motoren draaien. Het verschil wordt aangevuld door een spanningspomp, samengesteld uit de dioden D1, D2 en D3 en de condensatoren C2 en C3.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-6: Het volledig schema van Dizzy.

Deze pomp wordt geactiveerd door de uitgang PB0 van de processor die via de software een vierkantsgolf levert. Om energie te besparen is de pomp alleen actief als Dizzy honger heeft.

Een snelle hap

Rechts van de spanningspomp ziet men de twee voelsprieten F1 en F2, gevolgd door de accu en twee transistoren T1 en T2 waarmee de laadstroom wordt geschakeld. Zodra Dizzy op zijn eettafel zit, begint hij te laden in periodes van een minuut: laadstroom 50 seconden aan, 10 seconden uit, accuspanning meten. Is de spanning gemiddeld hoger dan aan het eind van de vorige periodes, dan krijgt de accu nog eens 50 seconden laadstroom, enzovoort. Als de accu vol is, verlaat Dizzy de eettafel. Via pin PD1 controleert de processor na elke laadperiode of het contact met de lader goed is. Mocht dat tijdens de maaltijd verloren gaan, dan zal hij zijn motoren starten, opnieuw contact maken en doorgaan met eten tot de accu helemaal vol is.
Pin PD1 wordt ook gebruikt als uitgang, voor Dizzy's stembanden. Daarom is hij stil tijdens de 10 seconden pauze en ook tijdens de rit naar de eettafel.

Honger krijgen

Rechts onderin het schema staat de voltmeter. Ook hier meet Dizzy een analoge waarde als digitale tijd. Eerst wordt de condensator C7 ontladen door pin PD5. De transistor T5 gaat daardoor geleiden en trekt pin PD4 naar "H". Dan laat PD5 de condensator los, zodat hij via de weerstanden R16 en R17 wordt geladen. Na een zekere tijd, langer naarmate de accu voller is, spert transistor T5 en wordt PD4 "L". Terwijl Dizzy rondscharrelt, babbelt of voor zich uit zit te kijken, controleert hij aan de hand van voorgeprogrammeerde grenswaarden of de accu nog genoeg energie bevat. Zo niet, dan gaat hij op zoek naar zijn eettafel. Als het hem niet lukt om contact te maken voor de accu te leeg raakt, zal hij stoppen en om hulp vragen.
De waarde van de condensator C7 speelt dus een belangrijke rol in het laadproces. Vandaar dat deze condensator een tolerantie van 1 % moet hebben.

Software upload

Links, onder de twee "ogen" toont het schema de verbinding tussen de microcontroller en de parallelpoort van een PC. Dizzy heeft een modulaire connector voor een SP12 programmeerkabel. Aangezien het bouwpakket een voorgeprogrammeerde AT90S2313 bevat, is die in feite niet nodig. Hij is bedoeld voor upload van toekomstige software-versies en voor experimentele software die zélf misschien wordt geschreven.

De bouw van Dizzy

De print

De print voor de robot is voorgesteld als figuur 4/5.3-7 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.3-8. Let op de twee uitsparingen in de print op de korte zijden. Deze worden uitgezaagd, nadien worden de twee motoren in deze gaten gemonteerd.

De kap

Begin met de zwarte kap voor de TSOP1733. Hoe deze uit zwart papier wordt gesneden is voorgesteld in figuur 4/5.3-9. Snij hem langs de lijnen uit het zwarte papier. Trek de punt van een stopnaald langs de vouwlijnen (gebruik

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

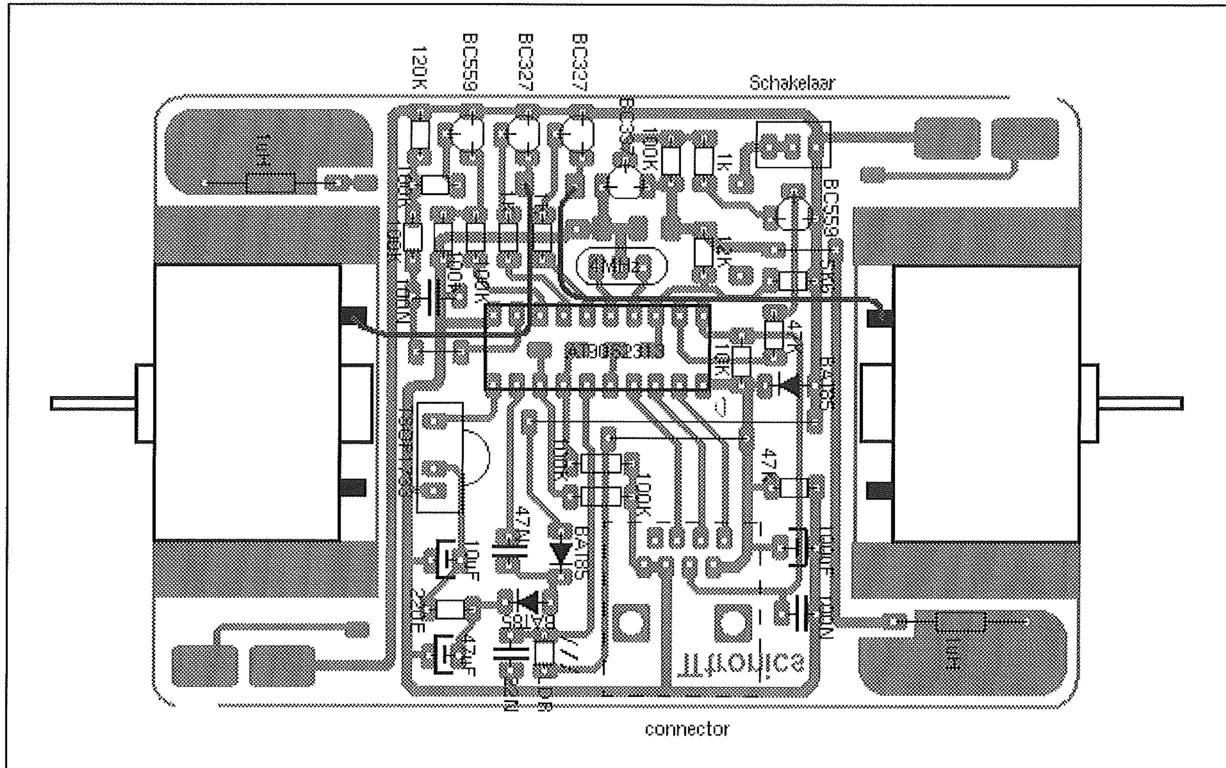
ONDERDELENLIJST DIZZY

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R2,R4	47 kΩ	
R3	220 Ω	
R5,R6,R10,R13,R14,R15,R17	100 kΩ	
R7	5,6 kΩ	
R8	12 kΩ	
R9,R11,R12	1 kΩ	
R16	120 kΩ	
R18	10 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	22 nF	MKH
C2	47 µF	16 V printelco
C3	47 µF	16 V printelco
C4	100 µF	16 V printelco
C5	47 nF	MKH
C6,C7	100 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
D1,D2,D3	BAT85	
T1,T5	BC559C	
T2	BC337-25	
T3,T4	BC327-25	
IC1	TSOP1733	
IC2	AT90S2313	
DIVERSEN		
2	recorder-motor 3,5 V	
2	wiel, diameter 30 mm, rubber band	
40 cm	staaldraad diameter 0,3 mm	
2	messing bus 20 mm, diameter 2,5 mm (inwendig 1,5 mm)	
2	messing bus 17 mm, diameter 2,0 mm (inwendig 1,2 mm)	
1	zwart papier	
5 cm	tweezijdig tape	
1	LDR A1060	
1	piëzo-transducer (resonantie circa 4 kHz)	
1	Varta Ni-MH accu, 3/V150H	
1	printschakelaar AAN/UIT	
30 cm	verzilverd draad diameter 1,5 mm	
1	IC-voetje, 20 pennen	
1	IC-voetje, 14 pennen	
1	modem printdeel, 8p8c, haaks, low profile	
1	resonator 4,00 MHz (3-pin met condensatoren)	
10 cm	krimpkous diameter 7 mm	
2	smoorspoel 1 µH liggend	

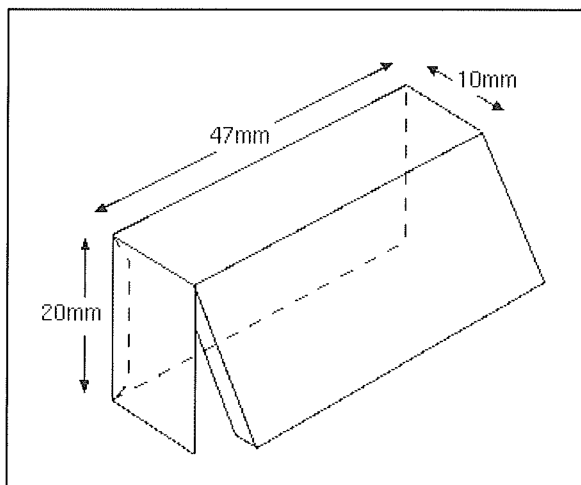
een lineaal) om scherp te kunnen vouwen. Wat papierlijm doet de rest.

Dizzy's printplaat
Terwijl de kap droogt kan Dizzy's print in elkaar worden gezet.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-8: De componentenopstelling van de print.



Figuur 4/5.3-9: De lichtafschermende kap voor de TSOP1733.

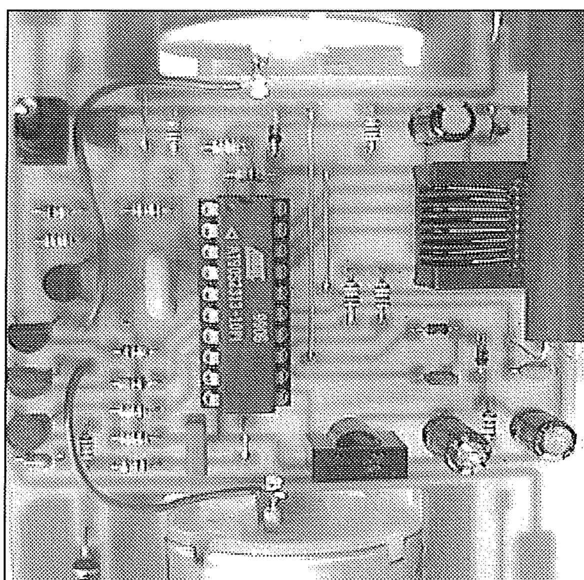
Begin met de vier draadbruggen (in het diagram aangegeven met zwarte lijnen). Gebruik daarvoor vertind niet geïsoleerd dunne koperdraad.

Plaats dan de weerstanden, de dioden, de twee 1 µH smoorspoeltjes en de voet voor de AT90S2313. Soldeer elk onderdeel vast en knip de draden kort. Druk de 8-pen connector op zijn plek, steek eerst de aansluitingen door de print en dan, met enige kracht de twee plastic stiften. Plaats vervolgens de condensatoren. De polyester 100 nF (groter dan de anderen, geselecteerd op 1 % nauwkeurigheid) hoort in het circuit waarmee Dizzy zijn accuspanning meet. Soldeer tot slot de transistoren, de 4 MHz resonator en de TSOP1733 op hun plaatsen. De bovenzijde van de TSOP1733 moet 19 mm boven de print uitsteken. Dan past hij precies in de kap en heeft hij goed zicht langs de motor aan de overkant. De LDR, zijn zwarte pijp, de AT90S2313 en de schakelaar moeten wachten tot de robot helemaal af is.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

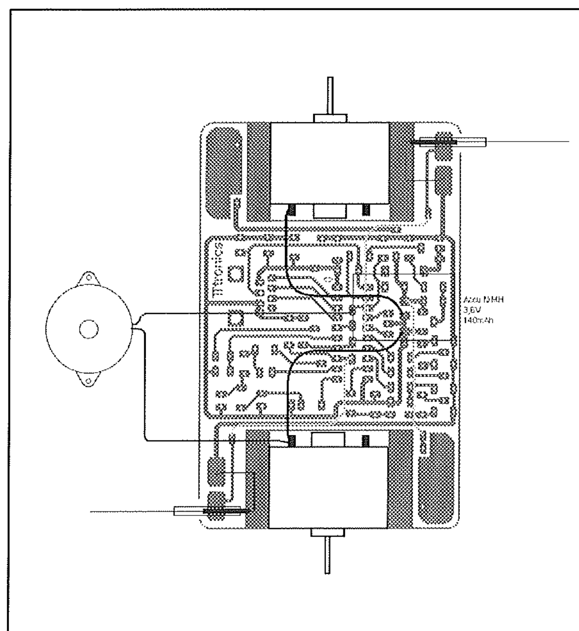
Motoren en bedrading

Soldeer drie gele draden (geïsoleerd soepel draad) aan de onderzijde van de print zoals op de foto van figuur 4/5.3-10 is aangegeven. De motoren zijn oorspronkelijk bedoeld voor cassetterecorders en worden geleverd inclusief toerenregelaar. Die zijn verwijderd, vandaar de merkwaardig gevormde achterzijde. Een van de aansluitingen zit vlakbij een kleine, witte stift, dat is de plus. De andere, in de buurt van een grotere stift is de minkant. Controleer de pasvorm van de motoren. Gebruik eventueel een vijl of schuurpapier om ze perfect in de print te laten passen. Zet ze vast met epoxylijm. Let er daarbij op dat de plus aansluiting boven de print terechtkomt, in lijn met de AT90S2313.



Figuur 4/5.3-10: De montage van de motoren in de print.

Maak nu de verbinding tussen motoren en drivers, met rood soepel draad. Gebruik blauw draad voor de verbindingen met de gnd-punten op de koperzijde van de print, zie figuur 4/5.3-11.



Figuur 4/5.3-11: De min-polen van de motoren worden aan de koperzijde van de print vastgesoldeerd.

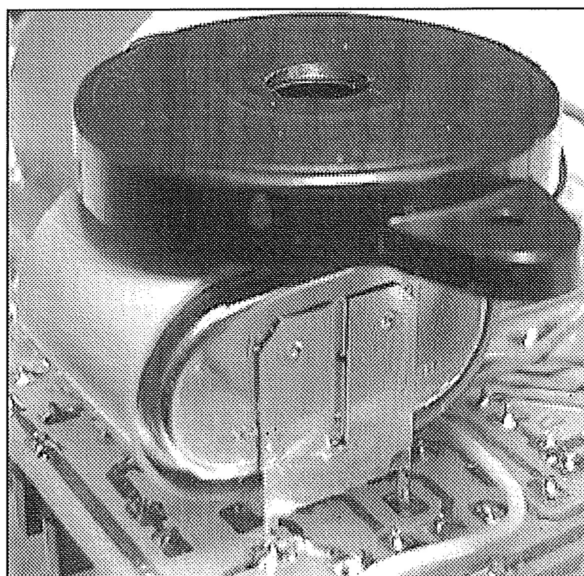
Stem en accu

Knip de draden van de piëzo-transducer af op circa 45 mm. Strip enkele millimeter isolatie van de einden en soldeer ze op print en motor pin zoals in figuur 4/5.3-11 aangegeven. Plaats de accu zonder de aansluitingen door de print heen te duwen, want dat zou kortsluiting veroorzaken! Soldeer hem vast. Bevestig de piëzo-transducer op de accu met een stukje dubbelzijdig tape, zie de foto van figuur 4/5.3-12.

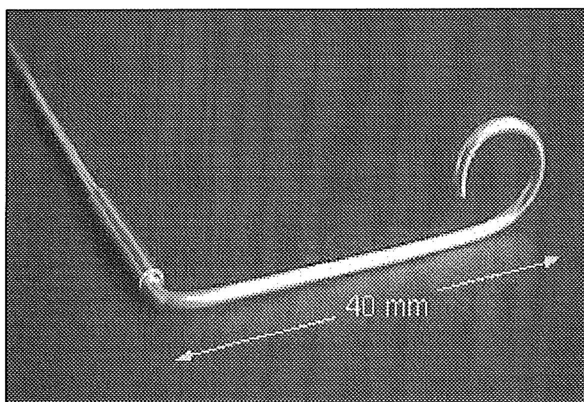
De sleephaken

Buig een 30 cm lange, 1,5 mm dikke verzilverde koperdraad recht en knip deze in twee gelijke delen. Buig ze allebei in de vorm zoals aangegeven op de foto van figuur 4/5.3-13, een cirkel met een doorsnede van circa 12 mm en een 40 mm lange poot, haaks op de as. De draad lijkt misschien wat te makkelijk te buigen,

maar de constructie draagt toch met gemak Dizzy's 170 gram.



Figuur 4/5.3-12: Montage van de motor en de piëzo-transducer.

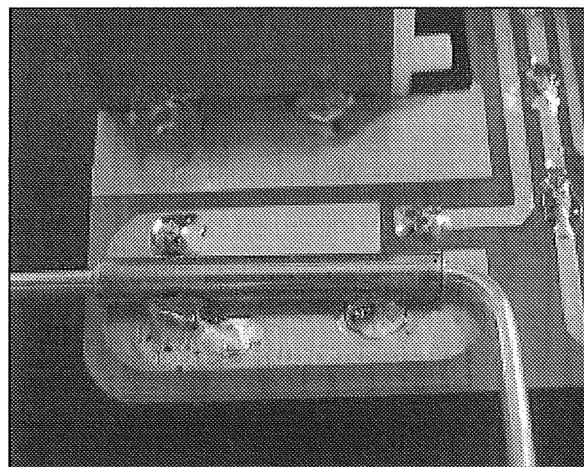


Figuur 4/5.3-13: De constructie van de sleephaken.

Gebruik een sleutelvijltje om de einden van de assen glad te maken en voorzie beide assen van een 20 mm messing bus.

De wielen

Soldeer de sleephaken op hun plek, zie figuur 4/5.3-14. Buig de uitstekende asdelen elk haaks naar de dichtstbijzijnde motor, zodat ze ook haaks op de wielpoten komen te staan.



Figuur 4/5.3-14: Het vastsolderen van de sleephaken.

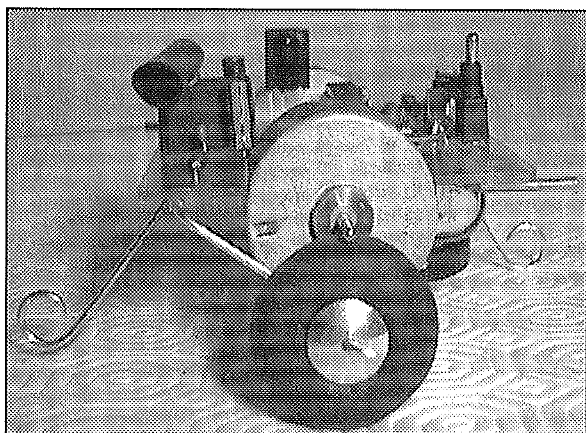
Het loopvlak van de overigens mooie vliegtuigwieltjes wordt ontsiert door restanten van het gietproces. Schuur ze glad met een niet te fijne rasp of schuurpapier. Buig het verzilverde draad nogmaals, zodat wielassen ontstaan (in hoogte samenvallend met de randen van de motoren). Schuif de wielen erop en controleer hun positie als ze de robot dragen. Borg de wielen door het uitstekende deel van de assen in de richting van de voelsprieten te buigen. Knip overtollig draad af.

Het is absoluut noodzakelijk dat de diameter van de wielen 30 mm bedraagt! De software in de processor houdt hiermee namelijk rekening voor berekeningen die met de snelheid van de robot hebben te maken. Om dezelfde reden is het ook absoluut noodzakelijk dat het voorgestelde soort motortjes wordt toegepast.

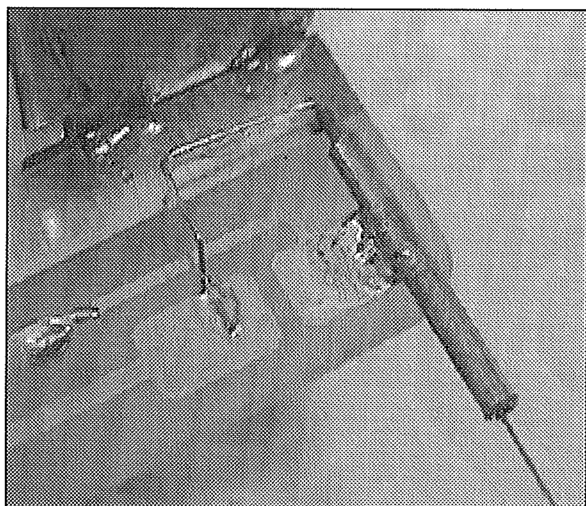
Zorg dat de wielen en de scharnieren van de sleephaken makkelijk draaien. Geef de wielen een druppeltje naaimachine-olie.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

Dizzy leunt normaal op de sleephaak aan de kant van de accu. Buig de poten bij tot de print in die situatie waterpas is, en de andere poot circa 5 mm boven de vloer hangt, zie figuur 4/5.3-15.



Figuur 4/5.3-15: Uitbalanceren van de print door het verbuigen van de sleephaken.



Figuur 4/5.3-16: Constructie van de voelsprieten.

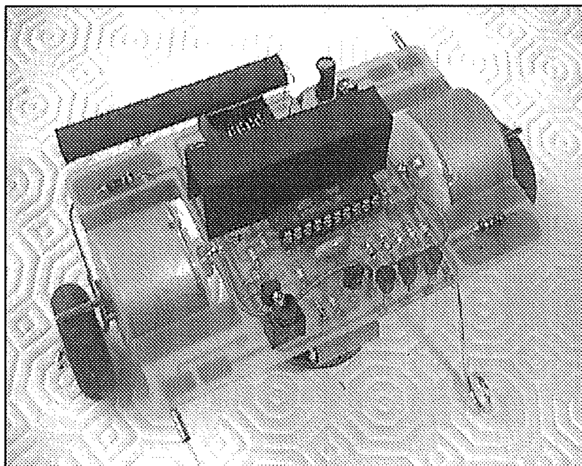
De voelsprieten

Knip 40 cm staaldraad met een dikte van 0,3 mm in twee gelijke delen. Buig ze in de vorm zoals getoond op de foto van figuur 4/5.3-16. Strip drie stukjes isolatiekous van een stuk soepel montagedraad: twee van 12 mm en een van 20 mm. Zorg dat er geen metaal in de stukjes kous achterblijft. Controleer de pasvorm: schuif de 17 mm messing busjes op de voelsprieten, gevolgd door de 12 mm kousjes. Gebruik het langere stuk om de kousjes door de messing busjes heen te drukken, tot 2 á 3 mm kous er aan de andere kant uitsteekt. Verwijder het langere stuk kous.
Verwijder nu ook de korte stukjes. Busjes en staal kunnen niet met kous en al worden vastgesoldeerd, want dan zou het plastic smelten. Soldeer de voelsprieten vast, samen met hun messing busjes. Gebruik wat flux om het soldeer te laten hechten en maak de soldeerpunten schoon zodra ze koud zijn.
Druk de 12 mm kousjes opnieuw in positie. Knip de voelsprieten op lengte: 110 mm, gemeten vanaf de messing busjes.

De laatste handelingen

Knip het stuk zwarte krimpkous af op 55 mm en monteer het op de connector met tweezijdig tape, zie de foto van figuur 4/5.3-17. Soldeer de LDR op zijn plek. De zwarte pijp is nodig om Dizzy's oog richting te geven en ook om het bereik af te regelen. Zonder de pijp zou normaal daglicht de robot verblinden.
Kijk eens goed naar de schakelaar (foto 4/5.3-17). Zorg dat de schakelaar in de uitstand is wanneer hij op zijn plek wordt gesoldeerd. Plaats tot slot de kap over de TSOP1733 (zonder lijm of tape; los op de print zetten volstaat). De accu wordt zo goed als leeg afgeleverd, dus de robot is nog niet klaar voor actie. Er moet een speciale procedure worden gevolgd om hem zijn eerste lading te geven, voor de AT90S2313 in zijn voet wordt gedrukt.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-17: De laatste handelingen.

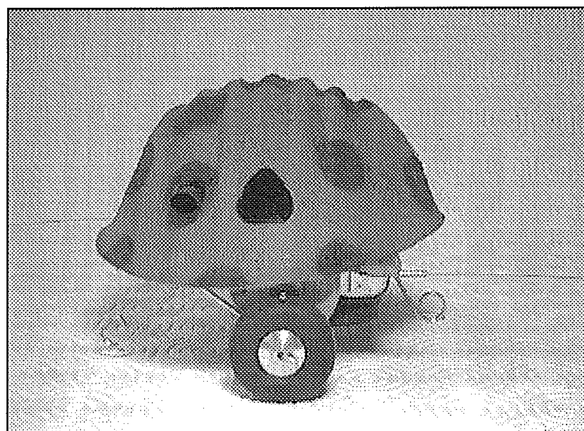
Het "schild"

Dizzy kan natuurlijk onder de huidige vorm rondlopen. Mooier is om de robot te voorzien van een "schild", zie de foto van figuur 4/5.3-18. In het prototype werd hiervoor een stofmaskertje gebruikt dat toevallig de juiste maat had. Een spuitbus rode verf en wat afwijkende kleurstippen deden de rest!

Het "terrarium"

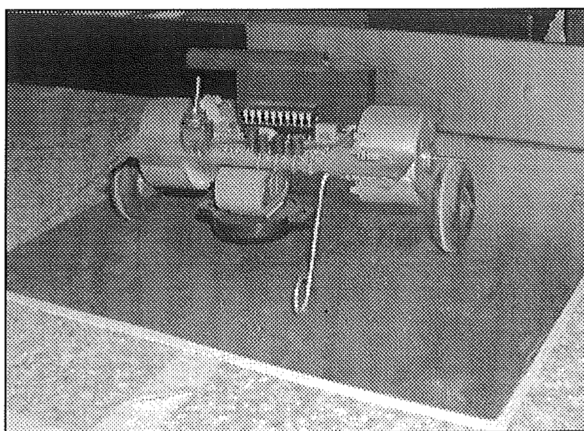
Inleiding

De leefruimte van Dizzy, of zijn "terrarium", bestaat uit een houten bak waarvan de bodemplaat en één zijwand met blanke printplaat wordt bekleed. Dit worden de contactvlakken waarmee Dizzy zich kan opladen. Niet moeilijk te bouwen, maar de volgorde is heel belangrijk. Maak de zijkanten het terrarium van 44 x 5 mm houten latten, een standaardmaat verkrijgbaar in elke praktische lengte. De 44 mm is belangrijk, want de lichtgevende diode van de lader (zie later) is op 50 mm boven de vloer van het terrarium precies in het gezichtsveld van de robot. Een hogere wand zou dus in de weg zitten en Dizzy's voelsprieten hebben moeite met een lagere. De hoeken van het prototype werden verbonden door scharnieren van het type dat zich makkelijk los en vast laat haken.



Figuur 4/5.3-18: Het "schild" van Dizzy: een geschilderd stofmaskertje

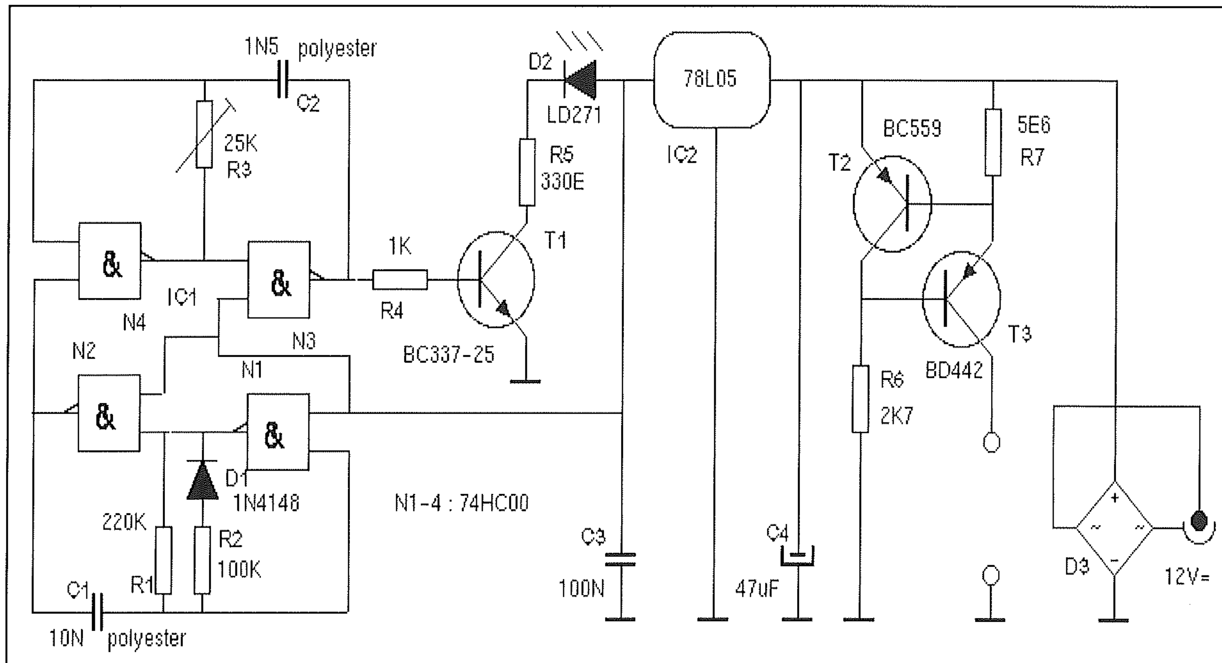
Het terrarium mag niet veel kleiner zijn dan 100 cm x 70 cm. Als de zijden langer zijn dan 2 meter kan de robot moeite hebben om zijn eettafel te vinden. De vloer moet glad, waterpas en antistatisch zijn, bijvoorbeeld een plaat hout.



Figuur 4/5.3-19: Dizzy's terrarium in aanbouw.

Na de wanden is het tijd om de contactplaten van de eettafel te maken.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-20: Het schema van de laadbron.

Gebruik een metaalzaag om een stuk van 200 mm x 200 mm van blanke printplaat af te zagen. Schuin twee zijden af, zodat Dizzy er makkelijk op kan rijden. Een schuurmachine is daar zo mee klaar. Deze plaat wordt op de bodem van de bak gemonteerd, met de koperen zijde naar boven. Maak op dezelfde manier de koperplaat voor een van de zijwanden van de bak.

Het schema van de lader
Het schema van de lader is voorgesteld in figuur 4/5.3-20. Uit een netstekervoeding van 12 V wordt via de bruggelijkrichter D3 een ongestabiliseerde spanning gegenereerd. Uit deze spanning wordt via de constante stroombron rond T2 en T3 de laadstroom voor de accu van Dizzy afgeleid. De stroom wordt gestabiliseerd op het basis/emitter-spanning van de BC559 gedeeld door de weerstand van 5,6 Ω: circa 115 mA. De accu wordt 50 seconden per minuut geladen. Dizzy verbruikt zélf ongeveer 6 mA. De accu ziet dus een gemiddelde laadstroom van 90 mA.
Een volledige lading zou een uur of twee in beslag nemen. Maar Dizzy gaat eten als zijn buik nog lang niet leeg is. De NiMH-accu kan daar goed tegen, Het oudste prototype is al meer dan een jaar actief en nog heel levendig.
De vier poorten van IC1 vormen een astabiele multivibrator die via de instelpotentiometer R3 wordt afgeregeld op precies 33 kHz. Via de transistor T1 wordt de infrarode LED D2 met dit signaal gemoduleerd. Uiteraard wordt dit deel van de schakeling gevoed uit een constante spanning die wordt gegenereerd met de stabilisator IC2.

Bouw van de lader
De print voor de lader is voorgesteld in figuur 4/5.3-21 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. de componentenopstelling volgt uit figuur 4/5.3-22.

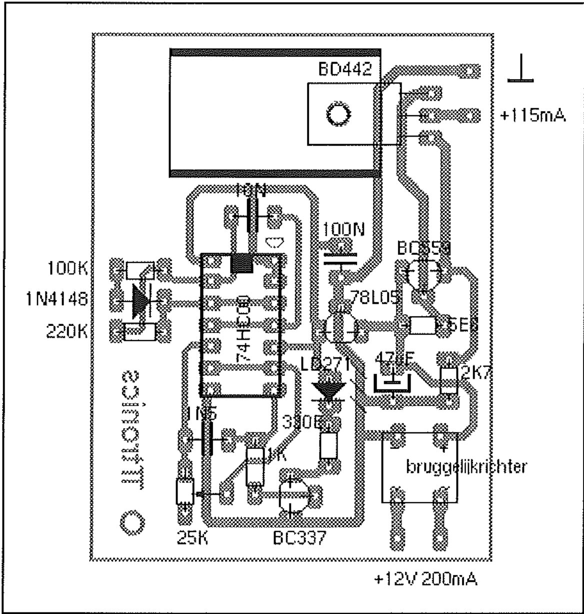
5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

ONDERDELENLIJST ACCULADER

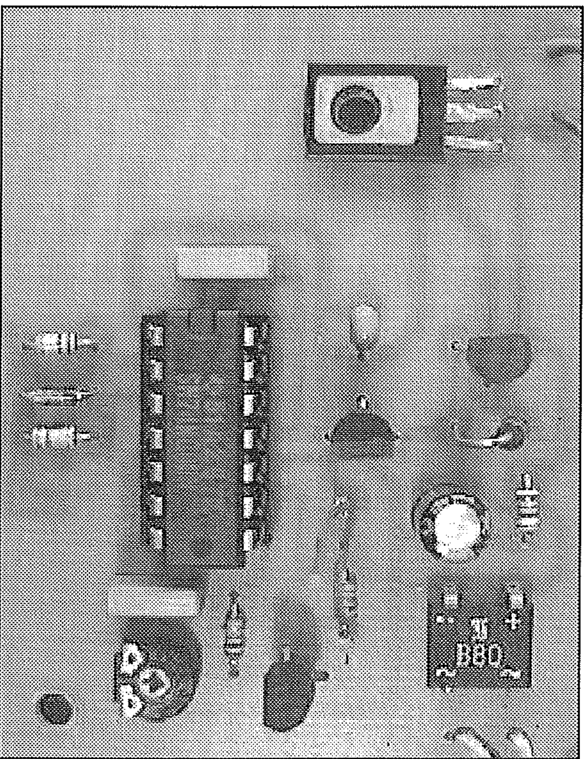
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	220 kΩ	
R2	100 kΩ	
R4	1 kΩ	
R5	330 Ω	
R6	2,7 kΩ	
R7	5,6 Ω	
INSTELPOTENTIOMETER, 5 X 10 mm, LIGGEND		
R3	25 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	10 nF	MKH
C2	1,5 nF	MKH
C3	100 nF	MKH
C4	47 µF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1	1N4148	
D2	LD271	
D3	bruggelijkrichter, DIL-4	
T1	BC337-25	
T2	BC559	
T3	BD442	
IC1	74HC00	
IC2	78L05	
DIVERSEN		
1	koelelement ML26	
1	behuizing kunststof Hammond 1591LSBK 85 x 56 x 39 mm	
1	netadapter 12 V_{DC}, 200 mA	
1	spanningsplug chassisdeel	
1	soldeerlip 1 spruit, gat 3,2 mm	
4	M3x15 boutje, cilinderkop	
2	kunststof afstandbus 5 mm	
4	moer M3	
4	veerring M3	
1	stekerbus 2 mm paneelmontage	
1	banaansteker 2 mm	

Begin met de weerstanden, de diode (1N4148) en de voet voor de 74HC00. Vervolgens de liggende de instelpotentiometer, de condensatoren, de 78L05, de bruggelijkrichter en de transistoren. Maak indien nodig de gaten voor de BD442 wat ruimer. Zorg dat het gat in die transistor precies samenvalt met het 3 mm gat in de print en dat de metalen kant boven is. Knip twee 40 mm lange stukjes niet geïsoleerde koperdraad af en soldeer ze in de gaten voor de LD271. Centreer de pijlvormige schroef van de instelpot zodat hij naar de BC337 wijst. Plaats de elektrolytische condensatoren en druk tot slot de 74HC00 in zijn voet.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-22: De componentenopstelling van de print voor de lader.



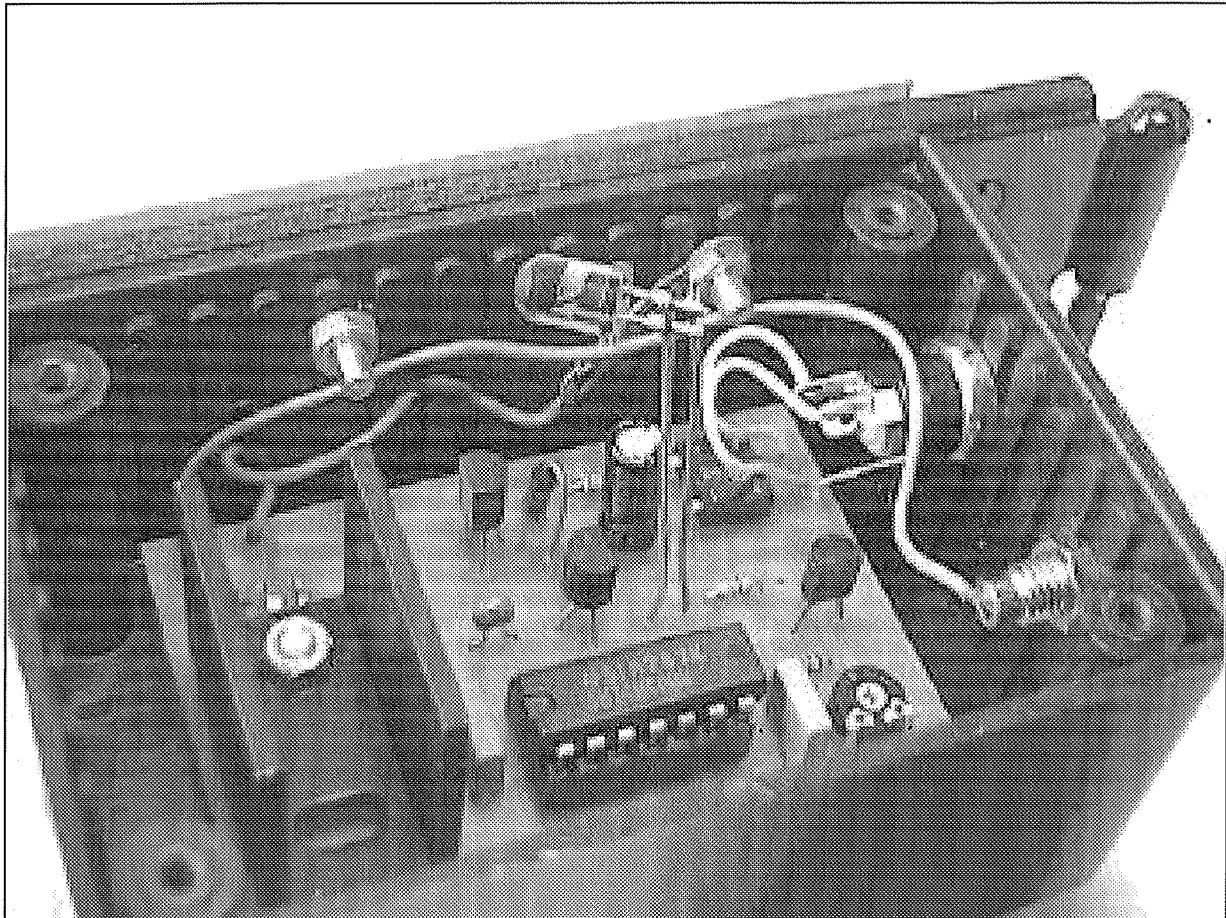
Figuur 4/5.3-23: De compleet gemonteerde print van de lader.

De compleet gemonteerde print is voorgesteld in de foto van figuur 4/5.3-23.

Inbouw van de lader in de bak

Leg de print in zijn plastic doosje. Zet een 3 mm boor in het gat in de BD442 en boor een gat in de bodem. Hou de print op zijn plaats met een van de M3 boutjes en boor het tweede 3 mm gat. Haal de print uit de doos en boor de gaten voor de connectors; 8 mm voor het DC-chassisdeel, 6 mm voor de stekerbus. Schroef de plastic delen van de stekerbus er af en vertin het eind. Knip een 110 mm lang stuk blauw draad af, strip de einden en vertin ze. Soldeer een eind in de stekerbus. Niet te diep, het banaanstekertje moet er vanaf de andere kant nog in passen. Schroef het voorste plastic deel weer op de bus (de plastic ring is overbodig), Laat de draad door het 6 mm gat zakken en druk de stekerbus op zijn plek. Schroef de moer er op (niet te vast, want dan breekt het plastic front). Knip twee 40 mm stukjes geel draad af. Strip de einden en soldeer van elk een eind in de print (gaten naast de bruggelijkrichter). Knip een rood stuk draad van 60 mm af, strip de einden en soldeer een eind in het gat bij de middelste poot van de BD442. Soldeer de blauwe draad van de stekerbus in het overgebleven gat naast de rode. Druk twee M3 boutjes door de gaten in de bodem van de doos omhoog. Geef ze elk een van de 5 mm plastic afstandbussen. Plaats de print erop, draai een moer op het boutje in de hoek. Plaats de koelvin op de BD442 en zet hem vast met een tweede moer. Monteer het DC-chassisdeel. Zorg dat de middenpoot en de aansluiting links daarvan goed toegankelijk zijn, zie de foto van figuur 4/5.3-24. Soldeer de gele draden hieraan vast.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-24: De print van de lader in het kunststof kastje. Via een van de schroeven waarmee men de behuizing op de zijwand van het "terrarium" schroeft, wordt het contact gemaakt met de printplaat op die zijwand. De bodemplaat wordt via een draadje met de banaanste-ker verbonden.

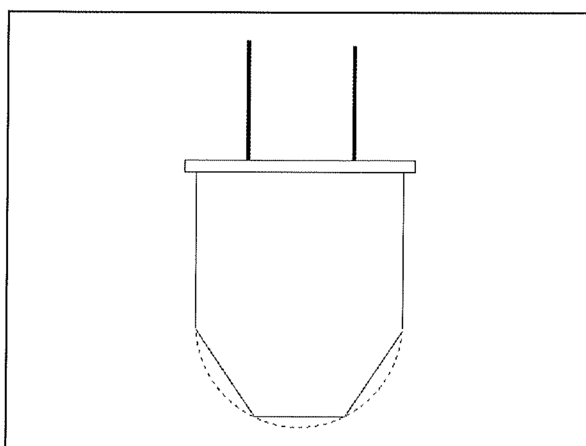
Knip 100 mm blauw draad af. Strip de einden en soldeer een eind aan de hoek bij de doos, zoals op de foto te zien. Schroef het banaanstekertje aan het andere eind. Zaag de verticale contactplaat op maat, even hoog als de wand van het terrarium. Klem de plaat tegen de binnenzijde van de lat en boor een 3 mm gat door printplaat en hout. Klem de doos op zijn plek, zet de boor in het gat en boor voorzichtig door het plastic. Druk een M3 boutje door een veerring en door de gaten in de contactplaat, het hout en de doos.

Leg de ring met soldeerlip op het eind en schroef hem vast met een moer. Boor het tweede gat in één keer door de drie lagen en maak vast met de laatste bout en moer. Soldeer de rode draad aan de soldeerlip.

Het prepareren van de lichtbundel

De behuizing van de IR-diode LD271 moet iets worden aangepast. Gebruik een sleutelvijltje om de lichtbundel van de LD271 te spreiden, zoals aangegeven in figuur 4/5.3-25. De langste van de twee draden van de LD271 is de anode.

De kathode wordt meestal gemarkeerd door een afplatting van de rand. In de LED zelf eindigt de kathodedraad in het grootste van de twee metalen delen, waarin het silicium is gemonteerd. Soldeer de anode aan de draad in het gat dat is verbonden met de 78L05, en de kathode aan de andere draad. Zorg dat de LD271 ruwweg op het midden van het terrarium is gericht.



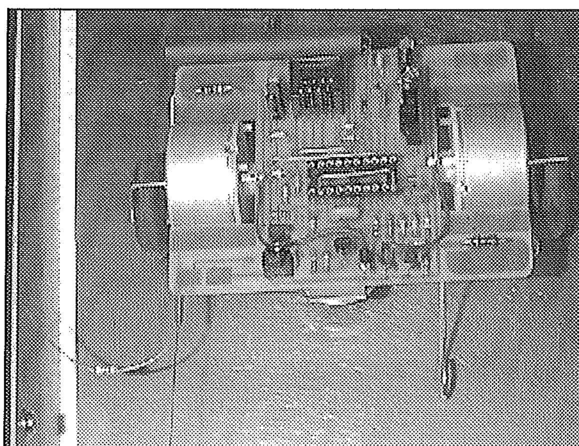
Figuur 4/5.3-25: Het aanpassen van de behuizing van de LD271.

Dizzy activeren

De eerste lading

Om het baken af te regelen op 33 kHz, heeft men de hulp van Dizzy nodig. Eerst moet dus zijn accu worden opgeladen. De procedure voor de eerste lading is dezelfde waarmee het probleem van een te lege batterij kan worden opgelost, iets waar men normaal gesproken alleen mee te maken krijgt als de robot maandenlang "dood" in de kast wordt gezet. Loos statische lading door metaal van de CV of waterleiding aan te raken. Werk de AT90S2313 voorzichtig uit zijn voet, door beide einden met kleine schroevendraaier omhoog te hefbomen. Leg hem op een antistatische ondergrond.

Druk een brug van vertind koperdraad in de voet, zodat pin 2 (PD0) met pin 10 (gnd) wordt verbonden, zie de foto van figuur 4/5.3-26. Zet Dizzy's schakelaar in de AAN-stand (tuimelaar richting accu). Steek één eind van een 330 Ω weerstand in het messing busje van een voelspriet. Zet de robot op zijn eettafel, zoals op de foto wordt gedemonstreerd. Het andere eind van de weerstand moet contact maken met de verticale plaat en een van de wielpoten moet op de horizontale plaat steunen. De voelsprieten mogen geen van beide platen raken. Steek de bijgeleverde adapter in een stopcontact en in het DC-chassisdeel. Controleer eventueel de laadstroom door de spanning over de weerstand te meten, deze moet circa 7 V bedragen.



Figuur 4/5.3-26: Het voor het eerst laden van de accu van Dizzy. Let op de manier waarop de robot contact maakt met de twee printplaten in het "terrarium".

Wacht vijf tot hooguit zes uur, dan heeft de accu voldoende lading. Verwijder nadien de weerstand en de draadbrug, schakel de robot uit en druk de AT90S2313 voorzichtig in zijn voet (pin 1 het dichtst bij de schakelaar).

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen

Afregeling van het baken

Zorg dat er genoeg licht is en zet Dizzy in zijn terrarium, in de hoek tegenover zijn eettafel. Steek de adapter in een stopcontact en in het DC-chassisdeel. Druk de tip van de voelspriet aan de kant van Dizzy's schakelaar circa 50 mm in (geeft niet welke richting), zet hem aan en laat de voelspriet los. Hiermee wordt robot in een speciale modus gedwongen. Als zijn IR-ontvanger het baken in zicht heeft, zal hij een constante, enigszins ratelende pieptoon geven. Verder reageert hij alleen op zijn voelsprieten. Probeer Dizzy's ogen op de LD271 te richten. Zet hem wat dichterbij als hij niet reageert. Hoor je nog steeds geen pieptoon als de afstand minder is dan een halve meter, verwijder dan de zwarte kap van de ontvanger en verdraai de schroef van de instelpot tot de robot reageert. Draai de schroef naar links tot de piep stopt, dan terug en naar rechts tot het geluid weer ophoudt. Zet de schroef midden tussen de standen waarin het geluid stopte.
Als Dizzy dichterbij moest komen voor hij het baken zag, herhaal dan de procedure terwijl hij in de verste hoek staat. Schakel de robot uit, haal de adapter uit het stopcontact en desoldeer de LD271. Boor een gat van 6 mm in het deksel van de doos, zodat de aansluitpunten voor de LD271 naar buiten kunnen steken. Schroef het deksel vast en soldeer de LD271 weer op zijn plek. Steek de adapter in het stopcontact. Druk de tip van Dizzy's andere voelspriet 50 mm in om het even welke richting, terwijl de robot wordt ingeschakeld. De robot wordt daarmee in zijn tweede speciale modus gedwongen, hij zal op zoek gaan naar zijn eettafel en zijn accu bijladen, of hij honger heeft of niet. Als hij er vlot in slaagt om contact te maken, laat hem dan rustig eten tot hij uit zichzelf de eettafel verlaat. Het kan zijn dat hij als het ware "afketst" op een onzichtbare muur rond het baken. Richt in dat geval de LD271 een graad of tien links of rechts van het midden van het terrarium en start het zoeken opnieuw. Experimenteer met het richtpunt van de LD271 tot de robot gemakkelijk contact maakt met zijn energiebron.

Klaar!

Zet Dizzy aan, dit keer zonder een voelspriet aan te raken. Hij zal om zijn top-as draaien tot hij tevreden is met zijn uitzicht. Na controle van zijn accu (20 seconden) gaat hij op zijn omgeving letten en reageren op beweging. Om hem goed zicht te geven kan men zijn "terrarium" het beste in een donkere hoek van de kamer zetten, of ruim onder een raam.

Onderhoud

De oudste Dizzy is al meer dan een jaar actief. Elke paar dagen worden zijn wielen en aandrijfassen afgestoft. Verder heeft hij nog geen onderhoud nodig gehad. De voelsprieten en sleephaken zijn zelfreinigend zolang hij "leeft". Staat hij lange tijd dood in een kast, dan gaat corrosie een rol spelen. De accu houdt zich goed. Een jaar gaat hij wel mee, twee jaar vermoedelijk niet. Een nieuwe kost circa € 14,00.

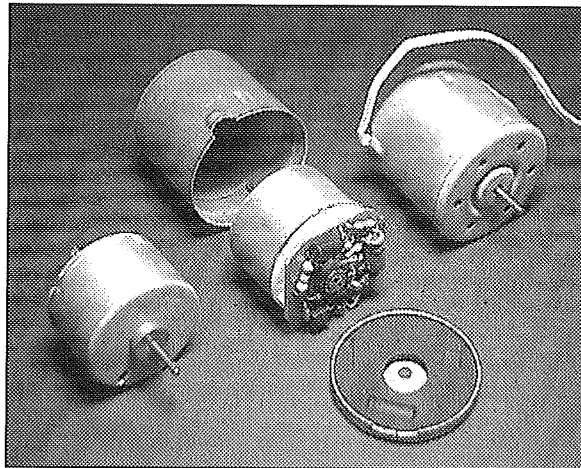
Bouwpakket

Compleet pakket

Een pakket met alle onderdelen voor Dizzy en zijn "terrarium" lijst is te bestellen door het overmaken van € 96,50 op bankrekening 16.13.62.710 van Pitronics, Graaf Florislaan 32 te Vogelenzang, onder vermelding van "Dizzy" en (heel

belangrijk) adresgegevens. Het gironummer van de bank is 11109, Rabobank Haarlem. In het pakket ontbreken alleen de latten voor een terrarium (de afmetingen liggen immers niet vast) en het stofkapje.

Speciale onderdelen
Wie liever zelf Dizzy's onderdelen bij elkaar zoekt, heeft in elk geval de AT90S2313 met Dizzy's software nodig. Die kan bij Pitronics worden besteld voor € 15,00. Speciale onderdelen zijn verder de motoren, die heel zuinig moeten zijn met stroom en moeten draaien met het juiste toerental. Wat nodig is zijn Mabuchi EG-510ED-9F, zie figuur 4/5.3-27, of vergelijkbare 9 V recordermotortjes. Licht het deksel van de behuizing, haal de motor eruit en trek de rpm-stabilisator eraf.

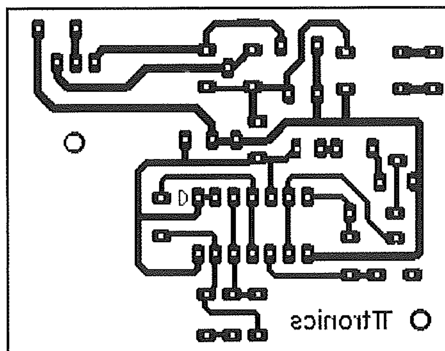


Figuur 4/5.3-27: De geadviseerde motoren voor Dizzy.

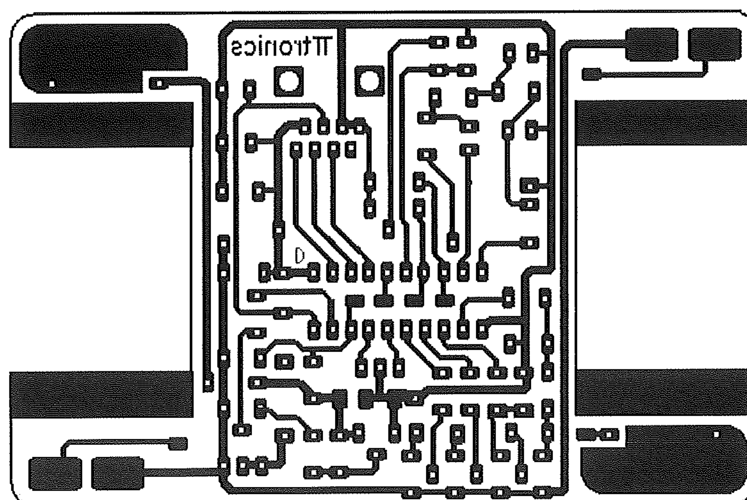
Dan ontstaat een Dizzy-motor. Een set van twee is te bestellen voor € 10,00. Ook de twee printplaatjes zijn leverbaar bij Pitronics voor € 15,00.

Copyright
Het copyright op Dizzy berust bij "πtronics", Vogelenzang. Nabouw van Dizzy is alleen toegestaan voor privé gebruik.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen



Figuur 4/5.3-21: De print van de acculader.



Figuur 4/5.3-7: De print van Dizzy.

HOE MAAKT U DEZE PRINTEN?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.3 Dizzy, een robot met zintuigen